

DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE MUNICIPALE
EN GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

Par
Sohaib Haider

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et en développement durable
en vue de l'obtention du grade de maîtrise en environnement (M.ENV)

Sous la direction de Mario Laquerre

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Juillet 2021

SOMMAIRE

Mots clés : Gestion des matières résiduelles, coût annuel, performance, coût de collecte, coût de transport, coût de traitement, redevances à l'élimination, régime de compensation

De nos jours, la gestion des matières résiduelles constitue une part significative des finances publiques municipales et les tentatives d'améliorations ou de comparaison sont peu nombreuses. Il faut comprendre que dans la majorité des cas, les opérations, notamment pour ce qui est de la collecte et dans une certaine mesure pour le traitement, sont confiées à partir d'appels d'offres. En absence de données quantitatives comparatives entre les municipalités ou entre des compétiteurs, la valeur qualitative des services offerts est difficile de déterminer. Malheureusement, cette situation s'applique à un grand nombre de municipalités du Québec. À l'heure actuelle, aucune méthodologie de calcul n'existe sur l'évaluation comparative des coûts de la gestion des matières résiduelles. Dans le but d'adresser cette problématique, cet essai de maîtrise analyse la gestion des matières résiduelles résidentielles du secteur municipal sous l'angle des coûts afin de développer un outil d'évaluation de la performance comparatif et créer une échelle de performance comparative des municipalités du Québec. L'outil d'évaluation intègre les influences des variables de la population, du poids, du coût annuel de la gestion des matières résiduelles, du kilométrage de rues de la municipalité, et de la densité sur la performance de la gestion des matières résiduelles municipale. Cruciale à l'évaluation de la performance, la variable du coût annuel est élaborée en grand détail afin d'adresser la majorité des paramètres pouvant impacter le coût de la gestion des matières résiduelles. L'application de l'outil développé sur quatre municipalités a permis d'évaluer leurs performances, cibler les améliorations nécessaires, et comparer leurs performances aux autres municipalités du Québec. Des améliorations peuvent être apportées à l'outil d'évaluation de performance développé, notamment par l'intégration de données quantitatives plus récentes et une élaboration plus approfondie des coûts technologiques, opérationnels, et administratifs des opérations de traitement de la matière. Entre temps, cet outil peut être utilisé pour évaluer la valeur qualitative des services de la GMR offerts par les entreprises et concentrer les efforts aux aspects municipaux nécessitant une amélioration.

REMERCIEMENTS

Avant tout, je tiens à remercier ma mère pour tous les sacrifices qu'elle a faits et pour les opportunités qu'elle m'a permis d'avoir.

Je remercie mon directeur d'essai, Mario Laquerre pour ses efforts incroyables. Sa disponibilité, son ouverture d'esprit, sa patience, et son expertise ont été des éléments essentiels pour mener à terme cet essai de maîtrise.

Je remercie Nicolas Chaput pour son expertise et Catherine Savard pour son aide indispensable.

Je veux particulièrement remercier Judith Savard-Déry pour sa patience, son encouragement, son soutien, et bien plus.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. MISE EN CONTEXTE	4
1.1 Évolution de la gestion des matières résiduelles	4
1.2 Les politiques québécoises de gestion des matières résiduelles	9
2. LES TROIS VOIES.....	12
2.1 La collecte sélective.....	12
2.2 Valorisation de matières organiques	14
2.2.1 Le compostage.....	15
2.2.2 La biométhanisation	17
2.3 Élimination.....	20
2.3.1 L'enfouissement	21
2.3.2 L'incinération	22
3. FINANCEMENT.....	24
3.1 Le régime de compensation	24
3.2 Les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles	27
4. LE CALCUL DE PERFORMANCE.....	32
4.1 Les variables	35
4.1.1 Le nombre d'habitants d'une municipalité	35
4.1.2 Le poids des matières résiduelles collectées.....	35
4.1.3 Le coût annuel	36
4.1.4 Le kilométrage	36
4.1.5 La superficie et la densité	36
5. LES COÛTS ANNUELS DE LA GMR MUNICIPALEs coûts annuels de la GMR municipale	37
5.1 Le modèle de calcul des coûts collectes.....	37
5.2 Les paramètres de calcul.....	39

5.2.1	Le prix moyen (P_s).....	39
5.2.2	La consommation de carburant (β)	39
5.2.3	Le ratio de charge (α)	39
5.2.4	Les paramètres à caractère variable	40
5.2.5	Le taux horaire de la collecte (T_h).....	40
5.2.6	La vitesse moyenne (V).....	44
5.3	Modifications aux équations de calcul des coûts de collectes et de transports.....	44
5.4	Équation modifiée pour les coûts de collectes et de transports.....	47
5.5	Les coûts de traitements	47
5.6	Équation de calcul du coût annuel de traitement.....	50
6.	ANALYSE.....	52
6.1	MRC de Joliette	55
6.2	Ville de Gatineau	57
6.3	MRC de Roussillon.....	59
6.4	Ville de Sherbrooke	60
6.5	Performance comparative pour les municipalités étudiées	63
	CONCLUSION	64
	RÉFÉRENCES	65
	ANNEXE 1 – Équipements de collecte et de transport des matières résiduelles.....	76

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Tableau 2.1 Prix de vente moyen des ballots de matières recyclables.....	14
Tableau 2.2 Le ratio carbone à azote des matériaux compostables.....	15
Tableau 2.3 Conditions optimales pour le compostage.....	17
Tableau 2.4 Paramètres clés de la digestion anaérobique	20
Tableau 3.1 La division des municipalités en six groupes	25
Tableau 3.2 Exemple de calcul des coûts admissibles	26
Tableau 3.3 Catégories de municipalités	28
Tableau 3.4 Exemple pour le calcul de la redistribution des redevances	29
Tableau 3.5 Exemple de la redistribution des redevances.....	30
Tableau 4.1 Simulation du calcul de performance et les influences des variables.....	34
Tableau 5.1 Paramètres de l'équation de calcul de coût	38
Tableau 5.2 Calculs de la distribution des camions nécessaires selon le poids	45
Tableau 6.1 Analyse de la GMR de la MRC de Joliette.....	56
Tableau 6.2 Analyse de la GMR de la Ville de Gatineau.....	58
Tableau 6.3 Analyse de la GMR de la MRC de Roussillon	60
Tableau 6.4 Analyse de la GMR de la Ville de Sherbrooke.....	62
Figure 6.1 Comparaison des notes de la performance municipale.....	63

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

\$	Dollars
\$/an	Dollars par an
\$/h	Dollars par heure
\$/T	Dollars par tonnes
\$ _{transfert}	Coûts de transfert
\$ _{transport}	Coûts de transport
%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
AESSQ	Association des Entrepreneurs en Services Sanitaires du Québec
B	Milliard
BAPE	Bureau des audiences publiques sur l'environnement
C	Carbone
c	Coûts annuels de la gestion des matières résiduelles
CA	Coûts admissibles
CAM _a	Nombre de camions à chargement arrière
CAM _l	Nombre de camions à chargement latéral
CAM _N	Nombre de camions nécessaires
c _c	Coûts de collecte et de transport
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CH ₃ COO-	Acétate
CH ₄	Méthane
CHPQ	Conseil d'hygiène de la province du Québec
CO ₂	Gaz carbonique
c _t	Coûts de traitement
d	Densité
D _c	Distance parcourue durant la collecte
D _{km}	Distance de la municipalité au site de transfert
D _{tr}	Distance de la municipalité au site de traitement
ÉEQ	Éco Entreprise Québec
E _m	Dépenses d'électricité et de maintenance
FCQGED	Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets

FQM	Fédération québécoise des municipalités
GMR	Gestion des matières résiduelles
h	Habitants
H	Hydrogène
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
HCL	Chlorure d'hydrogène
ICI	Industries, commerces et institutions
k	Kilométrage
kg	Kilogramme
kJ/m ³	Kilojoules par mètre cube
km/h	Kilomètres par heure
LED CD	Lieu d'enfouissement de débris de construction ou de démolition
LEET	Lieu d'enfouissement en tranchée
LEMN	Lieu d'enfouissement en milieu nordique
LET	Lieu d'enfouissement technique
LETI	Lieu d'enfouissement en territoire isolé
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
M	Million
M _a	Masse annuelle de la matière collectée
MAMH	Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du Territoire
M _{atr}	Masse annuelle de la matière du contenant de transfert
MBNC	Municipal Benchmarking Network Canada
M _c	Capacité de charge du camion
M _{ctr}	Capacité de charge du camion de transfert
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRC	Municipalité régionale de comté
MT	Millions de tonnes

N	Azote
N_c	Nombre de collectes annuel
O_c	Opérations de collecte
O_t	Opérations de traitement
p	Poids
$P_\$$	Prix du carburant par litre
PE	Facteur de performance et d'efficacité de la municipalité
PGMR	Plan de gestion des matières résiduelles
pH	Potentiel hydrogène
ppm	Parties par million
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
REIMR	Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles
RIDR	Régie intermunicipale des déchets de la Rouge
RIDR	Régie intermunicipale des déchets de la Rouge
RITMR Matapédia-Mitis	Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles des MRC de La Matapédia et de La Mitis
s	Superficie
SEAO	Système électronique d'appel d'offres du gouvernement du Québec
SÉMER	Société d'économie mixte en énergie renouvelable
S_o	Salaire de l'opérateur
SO_2	Dioxyde de soufre
T	Tonne
T_h	Taux horaire
T_t	Frais de transbordement par tonnes
UMQ	Union des municipalités du Québec
V	Vitesse moyenne de conduite
V_c	Vitesse moyenne de conduite durant la collecte
α	Ratio de charge
α_{tr}	Ratio de charge d'un camion de transfert
β	Consommation de carburant du camion
β_c	Consommation de carburant du camion durant la collecte
β_{tr}	Consommation de carburant pour un camion de transfert

INTRODUCTION

Les civilisations humaines, à travers l'histoire, sont définies en partie par leurs relations avec le milieu naturel dans lequel elles existent. Au courant du dernier siècle, le monde occidental se caractérise principalement par la surexploitation des ressources disponibles pour des fins de croissance économique et de production grandissante (Brown, 2008). Selon l'organisation de recherche internationale *Global Footprint Network* (2020), la demande de ressources et de services écologiques pour l'année 2020 a dépassé la capacité de renouvellement annuel planétaire le 22 août 2020 et la consommation de ces ressources atteindra 160 % d'ici la fin de l'année. Dans cette ère définie par la surconsommation, une attention particulière doit être accordée aux déchets générés à la fin de la chaîne de production et de consommation. La gestion des matières résiduelles [GMR] est donc un sujet de discussion essentiel à la prospérité de toute société moderne et peut être jugée comme un service essentiel quand les conséquences potentielles sur la santé et sur l'environnement sont prises en compte.

Au Québec, les plus récentes données disponibles sur les déchets solides de source ménagère démontrent une production de plus de 3.25M de tonnes en 2018 (RECYC-QUÉBEC, 2019) (RECYC-QUÉBEC, 2020) (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC], 2018). Selon la section VII de la *Loi sur la qualité de l'environnement* [LQE], la responsabilité de la gestion des déchets repose sur une planification régionale de la part des municipalités. Alors, pour gérer leurs matières résiduelles, les municipalités ont plusieurs choix : prendre en main leur propre gestion, mandater une société privée par appel d'offres ou par contrat gré à gré, ou encore déléguer l'opération à une entité supramunicipale (M. Laquerre, échange téléphonique, 10 mai 2021). Dans la majorité des cas, la responsabilité de la gestion des déchets est confiée aux entités supramunicipales telles qu'une Société d'économie mixte, une régie ou la Municipalité régionale de comté [MRC] qui, à leur tour, utilisent le système d'appel d'offres du gouvernement pour acquérir un service de gestion des déchets produits. Ainsi, les services de collecte, de transport, de traitement ou d'élimination sont majoritairement offerts aux municipalités par des entreprises privées (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2020). En 2018, l'industrie de la GMR du Québec comptait 267 entreprises dont les revenus d'exploitation dépassaient 1.5B de dollars (Statistique Canada, 2020).

Considérant l'engagement économique, le fait qu'il s'agit d'argent public, et l'envergure de la tâche à accomplir, l'importance d'évaluer la valeur des services octroyés est considérable afin d'assurer une performance correspondant au prix payé. Le système d'appel d'offres, sous conditions normales, peut générer une stabilisation des prix par la compétition des offres de service donnant ainsi accès aux

municipalités à une bonne gestion pour un prix raisonnable. Toutefois, il est difficile d'établir ce qu'est un prix raisonnable quand souvent les options de cette gestion se limitent à une seule offre. En l'absence de concurrence, les municipalités sont contraintes de se soumettre aux exigences de la seule entreprise offrant son expertise. Compte tenu de cela, une analyse de la situation est nécessaire pour comprendre les diverses influences pouvant impacter la GMR et assurer la valeur des services contractés.

L'objectif de cet essai est donc d'analyser la gestion des matières résiduelles résidentielles dans le secteur municipal sous l'angle des coûts afin de créer un référentiel de coûts de la gestion, et de créer une échelle de performance des diverses municipalités du Québec. Cet objectif sera réalisé par l'exploration de l'évolution de la GMR du Québec, la compréhension du processus des trois voies de collectes, la création d'une formule de performance, la modification des équations de calcul des coûts de la gestion, l'identification et l'intégration des paramètres clés de l'équation de calcul des coûts, la collecte de données et l'analyse de la GMR des municipalités identifiées. Grâce à cette analyse, un système d'évaluation des services de GMR pourra être établi permettant d'examiner la performance des diverses municipalités et encourager de meilleures pratiques de gestions.

Une multitude de sources ont été consultées pour la réalisation de cette analyse. Dans le but de s'assurer de la qualité de l'information utilisée, une attention particulière a été accordée à la validité et la fiabilité des sources. Par la nature du sujet sélectionné, la majorité des informations recueillies sur la gestion du Québec sont tirées des publications gouvernementales ou des institutions associées telles que RECYC-QUÉBEC et Statistique Canada. Par ailleurs, des sources crédibles journalistiques et des acteurs en GMR au Québec comme Réseau Environnement, Vecteur Environnement et les Archives de Montréal, ont été consultées. De plus, des données spécifiques pour l'élaboration de l'échelle de performance ont été récoltées par l'entremise de demandes d'informations auprès des responsables municipaux de la GMR et par l'analyse des devis publiés sur le système électronique d'appel d'offres du gouvernement du Québec [SEAO]. L'éventail des sources consultées permet une compréhension globale de la situation et la consultation de la source d'origine des données favorise une plus grande exactitude.

Le présent essai est subdivisé en six chapitres. Le premier fournit le contexte de la GMR au Québec par l'exploration de son évolution. Ce chapitre dresse aussi le portrait de la situation actuelle de la gestion au Québec en explorant les lois et règlements, la division des responsabilités, et les stratégies gouvernementales. Le deuxième chapitre concerne la compréhension des processus de traitement de la matière selon les trois voies du secteur municipal soit la matière recyclable, la matière organique, et les résidus ultimes. Le troisième chapitre présente les régimes gouvernementaux mis en place pour

encourager les bonnes pratiques de gestion et pour compenser les frais des municipalités liées aux services de la GMR. Le quatrième chapitre confectionne un outil d'évaluation de performance et explique l'influence des variables sur la performance. Le cinquième chapitre développe sur la variable de coût annuel utilisée dans l'outil d'évaluation et établit les valeurs moyennes des paramètres du calcul des coûts. Le sixième chapitre porte sur l'application de l'outil développé et l'analyse de la performance des municipalités étudiées. Ce dernier chapitre discute des améliorations à apporter à la GMR des municipalités et compare la performance des municipalités à l'étude.

1. MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre d'une analyse de GMR, l'élaboration d'un portrait provincial s'avère nécessaire pour comprendre les circonstances dans lesquelles les présents modes de gestion ont été développés. Pour ce faire, les sous-sections suivantes présentent l'évolution de la GMR, la prise en charge des responsabilités et les politiques gouvernementales.

1.1 Évolution de la gestion des matières résiduelles

La production de déchets est une relation de conséquence à la présence de vie qu'elle soit animale, végétale, ou microbienne. C'est-à-dire, toute espèce vivante nécessite la consommation de ressources pour sa croissance ou sa survie, transformant celle-ci en un sous-produit qui lui est inutilisable. Ainsi, il est difficile de séparer l'histoire des déchets humains de l'apparition des premières espèces d'hominidés à la préhistoire. Toutefois, sous une optique différente, on peut affirmer que l'histoire des déchets débute à l'ère paléolithique avec *Homo habilis* et les premières fabrications d'outils, car celle-ci ne s'agit plus d'une excrétion de déchets métaboliques, mais d'une activité de production manufacturière (Duquennoi, 2015). Dans les deux cas, les détritits laissés derrière par nos ancêtres pour subvenir à leurs besoins de se nourrir, se vêtir et se défendre nous donnent des indices sur leurs modes de vie.

Avant les premières expériences de sédentarisation et d'agriculture 12 000 ans avant notre ère, un mode de vie de chasseurs-cueilleurs nomade est généralisé à travers les différentes populations de ce monde. Ce mode de vie est accompagné d'une accumulation de déchets tels que des ossements d'animaux, des éclats de pierre taillée servant à la fabrication d'armes, et des déchets de cuisine autour du foyer à l'intérieur des abris (Duquennoi, 2015). Pour les habitants paléolithiques, les ordures accumulées sur le sol encombrant leurs espaces de vie ne constituent probablement pas une nuisance alors leur élimination semble inutile, considérant qu'ils partent occuper un nouvel abri de façon fréquente (De Silguy, 1996) (Duquennoi, 2015). Cette pratique de laisser traîner les déchets à l'intérieur de l'espace de vie est observée même auprès des groupes pratiquement sédentaires qui résident, au minimum, plusieurs mois de l'année à un même endroit (Duquennoi, 2015).

Un changement radical est enregistré aux habitudes de vie des humains avec la première culture agricole à partir de 9 500 av. J.-C.; les descendants sédentaires et agriculteurs des groupes semi-sédentaires nettoient l'intérieur de leurs maisons et expulsent leurs ordures à l'extérieur dans des espaces servant de lieux d'accumulation (Duquennoi, 2015). Cet acte est un « [m]arqueur archéologique de l'invention de « chez soi », les déchets, ainsi repoussés à l'extérieur du foyer, tracent les frontières des premiers espaces

de la sédentarisation humaine... » (Monsaingeon, 2017). Il y a peu de différences au niveau des structures entre les deux générations, mais la sédentarisation apporte une plus grande organisation sociale avec des agglomérations qui occupent en moyenne huit fois plus d'espace que celles de leurs prédécesseurs et témoignent de la formation des premiers villages et villes 9 000 ans av. J.-C. (Duquennoi, 2015). Cette nouvelle organisation sociale donne lieu à de nouvelles habitudes de gestion des déchets. En effet, aux environs de 8 700 et encore vers 7 000 av. J.-C., les déchets ne sont plus évacués simplement à l'extérieur de la maison, mais à l'extérieur du mur d'enceinte des villes et villages créant les premières décharges publiques (Duquennoi, 2015). De plus, certains rebuts sont utilisés comme engrais pour l'agriculture ou envoyés au pâturage (De Silguy, 1996).

Comme toute évolution, les changements visant la gestion des déchets ne surviennent pas partout dans le monde en même temps. À un rythme de développement qui leur est propre, plusieurs villes de l'Antiquité nous livrent des exemples de gestion urbaine : à Çatal Höyük en Turquie un aménagement est construit spécifiquement pour servir de dépotoir public; la vallée de Kirdon à Jérusalem est utilisée comme décharge publique pour la ville; en Égypte, la matière fécale est transportée dans des amphores en argile; en Grèce, un système d'enlèvement d'ordures est mis en place; les Romains continuent les pratiques anciennes de creuser des fosses en dehors de la ville (Béguin, 2013). Autre que la fonte des métaux usagés pour la fabrication de nouveaux matériaux à l'âge du bronze, un des premiers exemples de recyclage remonte au II^e siècle av. J.-C. par les Gaulois. Ces derniers importaient une quantité considérable de vins méditerranéens livrés par des Romains en amphore et utilisaient ces contenants dans les fondations de leurs bâtiments publics et les maisons (Duquennoi, 2015).

Pendant des millénaires, ces méthodes de gestion saines perdurent et ce n'est qu'au Moyen Âge qu'une régression est constatée. Suite à l'effondrement de l'Empire romain, les pratiques de gestion anciennement adoptées disparaissent progressivement (De Silguy, 1996). Toutefois, les ordures du VI^e au IX^e siècle ne posent pas ou peu de problèmes, car les habitants des villes sont peu nombreux et en campagne les résidus servent de matière fertilisante (Béguin, 2013). Le règne des Carolingiens, au 9^e siècle, permet à l'aristocratie d'accroître son pouvoir, d'exproprier les paysans de leurs terres, et d'instaurer le système féodal (Barbiera et Dalla-Zuanna, 2009) (Genet, 2004). Parallèlement à ce nouveau système, une augmentation de la population, une concentration des activités à l'intérieur des fortifications, et une migration rurale vers les villes sont observées (Barbiera et Dalla-Zuanna, 2009) (Galinié, 2020) (Bernier, 2020). Les villes du Moyen Âge deviennent alors le portrait de l'insalubrité due à une population grandissante, dont la gestion des déchets consiste à expédier leurs immondices par les portes et fenêtres

ou en les abandonnant dans des espaces vides entre les propriétés, sur des terrains vagues, ou dans la rivière (De Silguey, 1996) (Béguin, 2013).

En France, plusieurs efforts sont faits par la monarchie pour la gestion des déchets à travers les siècles qui suivent la féodalisation, mais les attitudes et les habitudes des citoyens changent peu. Sous l'autorité des rois de la période, la création de canaux, de fossés et le pavage des rues sont ordonnés pour désencombrer les voies et les citadins sont enrôlés dans les tâches d'enlever des boues des chaussées et les évacuer à l'extérieur de la ville (De Silguey, 1996) (Béguin, 2013). Les habitants, quant à eux, démontrent une inertie généralisée face à ces nouvelles responsabilités et continuent à déverser leurs ordures où ils en ont envie (De Silguey, 1996). La décision de Louis XII de charger la royauté du ramassage et de l'évacuation des ordures de la capitale, en 1506, instaure un service d'enlèvement public auquel les citadins n'adhèrent pas plus (De Silguey, 1996). Cette réforme, à laquelle sont attachés de nouveaux impôts et des redevances pécuniaires, est abandonnée la même année (Béguin, 2013). François 1er, le successeur de Louis XII en l'an 1515, propose l'utilisation de paniers pour déposer les ordures qui sont ensuite collectées par les boueux (Béguin, 2013). En raison de la difficulté de recouvrement des taxes pour financer les opérations de collecte et de transport des ordures, des entreprises privées sont chargées de la gestion des déchets de même que de la collecte des taxes directement auprès des citoyens (De Silguey, 1996). Toutefois, cette privatisation de l'enlèvement est un échec, car les tentatives d'augmentation des prix provoquent des émeutes et la gestion des déchets demeure la responsabilité du royaume (De Silguey, 1996). Ainsi, l'insalubrité de la ville continue de même que l'attitude hostile de la population au sujet du fait de payer pour la gestion de leurs déchets jusqu'à la fin du XVIIIe siècle avec la découverte de l'hygiène (Béguin, 2013).

Les préoccupations de la santé publique liée aux épidémies mènent la Société royale des médecins, vers la fin du XVIIIe siècle, à la découverte de l'hygiène avec la considération que le milieu joue un rôle primordial à l'égard de la santé (Béguin, 2013). Initié par cette découverte, la volonté d'assainissement des citadins se poursuit grâce aux découvertes de Louis Pasteur entre 1820 et 1840 qui présentent les ordures comme la source de maladies et grâce aux conseils des médecins qui incitent leurs patients à éliminer la crasse afin de minimiser les risques d'infections (Béguin, 2013). En 1883, le préfet Eugène Poubelle impose la disposition des déchets dans des boîtes de formes et capacités règlementées pour faciliter le déversement dans les tombereaux (Sandras, 2011). Les habitants doivent trier au préalable la matière disposée afin de séparer les matières pouvant causer des blessures, telles que le verre et les coquilles d'huître, aux restes (Sandras, 2011). Les mesures du préfet ne sont pas populaires auprès des citoyens, mais une révision de la décision en 1884 amène une adoption lente de cette nouvelle gestion

(Béguin, 2013). À la fin du XIXe siècle, les premiers incinérateurs apparaissent aux États-Unis et sont adoptés dans plusieurs pays offrant une réponse aux problématiques de la menace hygiénique des immondices, de la saturation des décharges, et de l'accroissement des déchets, en plus d'être une source d'énergie utilisable (Monsaingeon, 2017). L'arrivée des autotombereaux à pétrole et des premières bernestasseuses modernes, entre deux guerres mondiales, change l'activité de la collecte à une spécialisation des industries et les associations naissantes (Monsaingeon, 2017).

Sur le modèle des villes européennes du XVIIe et XVIIIe siècle, les agglomérations urbaines de la Nouvelle-France sont aussi des espaces insalubres où les voies publiques accueillent les porcs, les vaches, les poules, les chiens, les eaux usées et les ordures ménagères des habitants (Lachance, 2010). Dès 1673, le gouverneur Frontenac ordonne que les nouvelles maisons bâties soient dotées de latrines privées pour combattre l'accumulation dans les rues, mais cette coutume tarde à être adoptée et se prolonge jusqu'à la fin du XVIIIe siècle (Lachance, 2010). Malgré les règlementations sur la propreté des rues, en 1775, François-Joseph Cugnet décrit l'air corrompu des villes du Québec comme « tellement infectées, que les chaleurs de l'été qui sont excessives dans cette province, on ne peut aller et venir dans les villes, et particulièrement dans le haut de la Ville de Québec, sans avoir le cœur englouti; ce qui occasionne beaucoup de maladies » (Lachance, 2010). Pour atténuer la situation, les boucheries, les tanneries et les abattoirs sont obligés de se débarrasser de leurs détritrus dans le fleuve Saint-Laurent, menant à l'établissement d'un service hebdomadaire d'enlèvement pour les habitants de la basse ville de Québec (Lachance, 2010).

La quantité de déchets accumulés sur les voies publiques des villes au Québec retardent la fonte de la neige et de la glace au printemps (Lachance, 2010). En réponse à ces conditions, la Ville de Montréal commence le nettoyage printanier le 4 avril 1797 et engage 12 charretiers avec voitures pour faire l'enlèvement des boues et des glaces accumulées sur les voies publiques au cours de l'hiver (Archambault, 2012). Puis, la responsabilité de nettoyage revient aux citoyens avec l'article 18 des *Règles et règlements de la police pour les fauxbourgs et la cité de Montréal* (1817) qui oblige les habitants à balayer les ordures et les mettre en tas devant leurs emplacements tous les vendredis du 1^{er} mai au 15 novembre (Cour du Banc du Roi, 1817). L'article 9 des *Règles, règlements, ordres, et ordonnances du conseil de Ville de Montréal* (1833) ajoute à l'article 21 des *Règles et règlements de la police pour les fauxbourgs et la cité de Montréal* (1817), sur le transport uniquement par tombereaux, un emplacement désigné pour porter et déposer les ordures accumulées (Cour du Banc du Roi, 1833). En 1853, le Conseil-De-Ville fait l'acquisition de terrains pour servir de dépotoirs et, en 1864, il est question d'adopter un système d'enlèvement par des balayeurs licenciés (Archives de Montréal, 2012). En 1870, le premier contrat pour l'enlèvement des

déchets est accordé par le conseil à MM. Reineger et Spellessey, mais les mésententes entre les autorités, les citoyens et les entrepreneurs ramènent la tâche à être effectuée par des employés payés par la ville en 1893 (Archives de Montréal, 2012). Ce portrait de Montréal permet d'illustrer l'évolution des méthodes de gestion au Québec.

Au sujet de l'autorité de la gestion, l'évolution de cette dernière est liée à l'autorité de la santé publique. Marqué par plus de deux cents ans d'épidémies de typhus, de variole, de grippe et de fièvres malignes, le Québec intègre les préoccupations de l'hygiène publique au XIX^e siècle grâce aux travaux des hygiénistes sur la propagation des maladies (Lachance, 2010). L'instauration du régime municipal sous l'*Acte des municipalités et des chemins de 1855*, confie la responsabilité du bien-être de la population aux municipalités dorénavant autorisées à adopter des règlements d'hygiène. Suite à la création du *Dominion of Canada*, le *Code municipal de la province de Québec* (1870) réitère ces responsabilités municipales. Toutefois, peu d'efforts sont consacrés par les dirigeants sur l'application des règlements d'hygiène (Guérard, 2013). L'épidémie de variole de 1885 entraîne, en 1887, un tournant de l'action étatique par la création du Conseil d'hygiène de la province du Québec [CHPQ] chargé de promulguer, exécuter, et faire exécuter les règlements, ordonnances et lois sanitaires des autorités provinciales et fédérales (Guérard, 1996) (CHPQ, 1889). Ainsi, le gouvernement provincial oblige les municipalités à créer un bureau d'hygiène ou de nommer un officier de la santé pour surveiller la mise en œuvre des mêmes mesures d'hygiène par les municipalités partout au Québec (CHPQ, 1889). En dépit du mécontentement des municipalités au sujet des dépenses d'assainissement et de l'amoindrissement de leur autonomie, l'adaptation aux normes d'hygiène du CHPQ s'effectue graduellement créant une centralisation des décisions et une application municipale de la GMR (Guérard, 2013).

Les progrès de l'organisation de la gestion des déchets accompagnent une prolifération de terrains servant de dépotoirs. Il s'agit parfois de terrains en surplomb de rivières d'où les déchets acheminés sont brûlés ou poussés en bas de la pente pour être envoyés dans la rivière si l'espace est limité. La compaction et le recouvrement des déchets avec de la terre sont initiés aux environs des années 1950 afin de réduire les nuisances telles que la vermine, les incendies et la contamination des eaux avoisinantes. En 1962, l'Association des Entrepreneurs en Services Sanitaires du Québec [AESSQ] dénonce au ministère de la Santé la contamination des cours d'eau par les dépotoirs. La loi sur la Qualité de l'environnement [LQE] est adoptée en 1972, mais ce n'est que trois ans plus tard qu'une réglementation s'adresse à l'aménagement et aux modes de gestion. L'application du *Règlement sur les déchets solides* (1978) met fin à l'utilisation de dépotoirs à ciel ouvert. À travers les années 1980, l'AESSQ propose au ministère la

régionalisation de l'enfouissement et réussit à obtenir le pouvoir pour les exploitants de fixer le tarif du site d'enfouissement. (Chamard et Méthot, 2016)

Parallèlement, le Québec est témoin d'une prise de conscience par sa population sur le mode de surproduction et surconsommation de la société durant les années 1970. La fédération des ACEF du Québec élabore sur cette réalisation dans son rapport de juin 1974 intitulé *De l'illusion de l'abondance à la réalité de l'endettement* (Bélanger et Brouillet, 1974). Ainsi, la province retrouve la considération des déchets comme une ressource valorisable, comme les chiffonniers des siècles passés, et met fin à l'ère de poubellisation où aucun déchet n'est valorisé (De Silguey, 1996) (Bureau des audiences publiques sur l'environnement [BAPE], 1997). Les années 1980 sont alors marquées par l'implantation de la récupération par apport volontaire, le système public de consignation, l'installation de recyclage industriel et le début de la collecte sélective (Chamard et Méthot, 2016). Puis, la première politique de gestion des déchets paraît en 1989 et la collecte sélective est mise en place à grande échelle durant les années qui suivent, grâce au programme d'aide financière de la Collecte sélective Québec (BAPE, 1997) (Chamard et Méthot, 2016). La gestion des matières organiques voit ses débuts avec la collecte de gazon et de feuilles mortes durant les mêmes années, mais l'intégration d'un système de tri et de valorisation s'avère coûteuse et, jusqu'à maintenant, incomplète (Chamard et Méthot, 2016) (RECYC-QUÉBEC, s. d.a).

1.2 Les politiques québécoises de gestion des matières résiduelles

La première politique, intitulée la *Politique de gestion intégrée des déchets solides* (1989), vise la réduction de déchets éliminés de 50 % en 2000 par rapport à l'année de référence de 1988 et propose de privilégier le principe des 3RV (BAPE, 1997). Toutefois, le taux de réduction envoyé à l'élimination n'atteint que 10,8 % dix ans plus tard (Gouvernement du Québec, 2000). Dans les circonstances, une consultation est entreprise par la commission sur la gestion des matières résiduelles du BAPE en 1996. Suite au dépôt du rapport du BAPE, le plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 est communiqué le 15 septembre 1998 et la politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008 est adoptée en 2000 (Commission des transports et de l'environnement, 2007) (Drouin, 1998).

Cette dernière a comme objectifs la mise en valeur de 65 % des matières résiduelles valorisables annuellement, et l'assurance de sécurité des activités d'élimination pour les personnes et l'environnement (Gouvernement du Québec, 2000). Pour atteindre l'objectif de mise en valeur, deux démarches majeures à la GMR sont entreprises : la régionalisation des décisions concernant les choix de moyens et de la mise en œuvre de la GMR, et la division des secteurs sociétaux accompagnés d'objectifs distincts pour chacun.

Cette division sépare la matière résiduelle en trois secteurs, soit le secteur municipal, le secteur des industries, des commerces et des institutions [ICI], et le secteur des industries de la construction, de la rénovation et de la démolition (CRD).

Appuyée par ces deux éléments, la *Politique de 1998-2008* charge les municipalités régionales d'établir un plan de GMR qui lie les municipalités locales, contraintes à s'y conformer, au plus tard deux ans après l'entrée en vigueur des mesures législatives habilitantes. L'objectif de mise en valeur pour les municipalités est de 60 % pour les verres, les plastiques, les métaux, les fibres, les encombrants, et les matières putrescibles. (Gouvernement du Québec, 2000)

À l'approche de l'échéance de la *Politique 1998-2008*, la Commission des transports et de l'environnement entreprend une consultation basée sur les données du bilan de 2006 décrivant la mise en œuvre de la politique afin de recommander des pistes d'actions pour l'actualiser (Commission des transports et de l'environnement, 2007). Malgré le fait que la quantité de matière récupérée double, passant de 3,51 millions de tonnes [MT] en 1998 à 6,23MT en 2006, le taux de récupération augmente peu passant de 38 % à 48 % pour les mêmes années (RECYC-QUÉBEC, 2009). Ces résultats sont le reflet d'une augmentation de la quantité de déchets générés par une population similaire. En 1998, 8,88MT de déchets sont générés par une population de 7,33 millions, comparativement à 12,95MT générés par une population de 7,65 millions en 2006 (RECYC-QUÉBEC, 2009). Loin de l'objectif de 60 %, la performance de récupération et de mise en valeur du secteur municipal est de 32 % en 2006 (RECYC-QUÉBEC, 2007). En ce qui concerne l'obligation des regroupements de municipalités d'élaborer un plan de gestion des matières résiduelles, 76 des 90 organismes ont un plan en vigueur en 2006 (Commission des transports et de l'environnement, 2007).

Le portrait de la GMR demeure similaire en 2008 avec une population de 7,73 millions, un taux de récupération de 52 %, et une performance municipale de 36 % (RECYC-QUÉBEC, 2009). La Commission offre 42 recommandations pour l'amélioration de la GMR du Québec et un projet de politique est proposé par le ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs [MDDEP] en 2009 (Gouvernement du Québec, 2009) (Commission des transports et de l'environnement, 2008). Ce n'est qu'en 2011 que cette politique est approuvée (Gouvernement du Québec, 2011). La *Politique 2011-2015* est présentement en vigueur avec l'objectif fondamental d'élimination de résidus ultimes uniquement (MDDEP, 2011). Cette politique pérenne est accompagnée d'un plan d'action quinquennal et vise à « créer une société sans gaspillage qui cherche à maximiser la valeur ajoutée par une saine gestion de ses matières résiduelles » (MDDEP, 2011). À cette fin, la politique adopte notamment la stratégie de bannir les matières

organiques des lieux d'enfouissement, la pleine compensation des coûts de la collecte sélective municipale, et l'augmentation de redevances à l'élimination (MDDEP, 2011). Le plan d'action associé a comme objectif pour 2015 de réduire à 700kg par habitant les matières éliminées, de recycler 60 % de la matière organique, et de recycler 70 % des papiers, plastiques, cartons, verres, et métaux résiduels (MDDEP, 2011). Le bilan de 2015 démontre une diminution des matières éliminées à 685kg par habitant, mais ce succès n'est pas reflété par le recyclage municipal où la collecte sélective n'achemine que 54 % des matières aux fins de recyclage et seulement 29 % des matières organiques sont recyclées (RECYC-QUÉBEC, 2017). Malgré l'écart des résultats par rapport aux objectifs et plusieurs actions du plan inachevées, un nouveau plan d'action quinquennal n'est formulé qu'à la fin de 2019 (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC], 2019). Il est à noter qu'à partir du *Bilan 2010-2011*, certaines matières faisant partie de la récupération sont catégorisées avec les matières éliminées telles que les textiles, les résidus domestiques dangereux et les résidus de construction (RECYC-QUÉBEC, 2013). Alors, le calcul des taux de récupérations diffère des années précédentes et une comparaison directe ne reflète pas la progression des années.

Le plan d'action 2019-2024 vise comme objectifs la réduction des matières éliminées à 525kg par habitant, un taux de recyclage par la collecte sélective et la consigne de 75 %, et le recyclage de matières organiques à 60 % pour 2023 (RECYC-QUÉBEC, 2019). Considérant les données du bilan 2018 où la quantité éliminée est de 697kg par habitant, le taux de recyclage municipal est de 52 %, et le taux de recyclage municipal des matières organiques est de 35 %, ces objectifs semblent élevés (RECYC-QUÉBEC, 2020). Cette réflexion provient des données enregistrées sur deux décennies durant lesquelles sont observées de faibles variations aux valeurs ciblées.

2. LES TROIS VOIES

La GMR est un domaine complexe dû à la diversité des matières résiduelles et à l'organisation des opérations des municipalités. Les matières résiduelles domestiques sont caractérisées par une grande hétérogénéité tant au niveau des dimensions qu'au niveau de la composition des objets éliminés (Desjardins et Forcier, 2007). Les matières résiduelles résidentielles peuvent être de nature organique, plastique, métallique, électronique, textile, en verre, ou simplement non recyclable et toutes auront un cheminement de gestion différent. Les différences opérationnelles entre les municipalités sont exemplifiées par leurs décisions d'intégration des ICIs, des multiplexes et des multilogements au service de GMR. Des variations peuvent aussi être observées au nombre de services offerts. Par exemple, certaines municipalités optent pour avoir un service de collecte pour les résidus de la construction et rénovation résidentielle, les résidus encombrants, ou les feuilles et les branches, en plus des services réguliers de collectes hebdomadaires. En dépit des différences, plus de 400 municipalités du Québec emploient une gestion par la collecte en bordure de rue à trois voies qui suit la hiérarchie de gestion introduite par la politique de 1989. Le principe des 3RV-E dirige les matières résiduelles résidentielles vers le recyclage, la valorisation ou l'élimination en priorisant l'impact environnemental le moins élevé. Les sous-sections suivantes présentent le fonctionnement des trois voies de gestion des matières résiduelles résidentielles.

2.1 La collecte sélective

La collecte sélective municipale est une collecte porte-à-porte de matières recyclables pêle-mêle dans le but de procéder à leur recyclage ou à leur valorisation (Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets [FCQGED], s. d.a). Les camions de collecte acheminent les matières collectées aux centres de tri où elles sont triées, mises en ballots et acheminées vers les conditionneurs ou directement vers les recycleurs (EnviroCompétences, 2020).

Les procédés de tri varient selon la configuration du centre observé et le volume de matières reçues (WSP, 2017) (EnviroCompétences, 2020). Une fois arrivés au centre de tri, les camions de collecte vident le contenu de la benne sur un plancher de réception (RECYC-QUÉBEC, s. d.b). À l'aide de machinerie, les matières sont poussées vers le convoyeur principal qui alimente la station de prétri manuel où les contaminants et les encombrants grossiers sont retirés (EnviroCompétences, 2020). Les matières poursuivent leur chemin sur les convoyeurs pour passer aux séparateurs à disque pour retirer les gros cartons. Le flux de cartons est dirigé vers un poste de contrôle de qualité manuel avant d'être compacté

et mis en ballot. Le reste des matières continuent leur cheminement pour la séparation des fibres, des contenants et des particules fines. (WSP, 2017)

La séparation des fibres peut être effectuée de différentes façons. Suite à la séparation des cartons, le centre de tri de Tricentris à Terrebonne achemine la matière directement vers un séparateur à angle qui emploie la friction sur trois paliers de roues pour diriger les fibres vers le haut et les contenants vers le bas sur différents convoyeurs (Tricentris, 2015). Le centre de tri de la Ville de Québec emploie un tamis de 4 pouces et un deuxième tamis de 2 pouces avant d'envoyer la matière dans le séparateur à angle (WSP, 2017). Dans les deux cas, un contrôle de qualité est assuré par un tri manuel des fibres récupérées (Tricentris, 2015) (WSP, 2017). Récupération Frontenac à Thetford Mines, quant à lui, sépare en deux les matières issues de la séparation du carton en fonction de leur taille et les achemine directement dans les séparateurs balistiques associés (WSP, 2017). Les fibres récoltées par le processus de séparation de fibres servent à faire du papier journal numéro 7.

Ensuite, les matières entrent dans un séparateur balistique ou un séparateur de finition. Le séparateur balistique sépare les corps plats tels que les pellicules plastiques et les fibres restantes, des corps creux comme les contenants, les bouteilles de plastique et les cannettes, en plus de retirer les particules fines comme le verre (Industries Machinex Inc., s. d.). Le séparateur de finition fonctionne par rotation de roues de caoutchouc et sert aussi à retravailler la matière pour séparer les fibres restantes des contenants (Tricentris, 2015). Puis, les flux de contenants et de fibres passent par des lecteurs optiques qui rejettent les contaminants plastiques du flux des fibres, recueillent les plastiques #1 (PET) du flux des contenants, et séparent les plastiques mixtes des matières restantes. Les plastiques mixtes subissent parfois un dernier tri manuel avant leur entreposage. (Tricentris, 2015) (WSP, 2017)

En dernier lieu, les métaux ferreux et l'aluminium contenus dans les matières restantes sont récoltés à l'aide d'un séparateur à aimant et un courant de Foucault (WSP, 2017). Toutes les matières, sauf le verre et les rejets, sont compactées et mises en ballot pour le transport (Tricentris, 2015) (WSP, 2017). Les rejets du processus de tri sont accumulés pour être envoyés à l'élimination. Le tableau suivant présente les prix de vente moyens par tonne métrique des ballots de matières recyclables : (RECYC-QUÉBEC, 2021)

Tableau 2.1 Prix de vente moyen des ballots de matières recyclables (tiré de : RECYC-QUÉBEC, 2021)

<i>Catégories</i>	2019	2020	2021 (Janvier et Février)
<i>Plastique (en ballots)</i>	248,98	165,20	275,65
<i>Fibres (en ballots)</i>	28,23	37,15	186,01
<i>Métaux ferreux (en ballots)</i>	189,27	149,10	93,01
<i>Aluminium (en ballots)</i>	846,40	835,48	1080,87
<i>Verre</i>	-20,64	-23,42	-25,85

2.2 Valorisation de matières organiques

La valorisation de la matière organique peut être effectuée par un système de biométhanisation ou de compostage. Dans les deux cas, l'équilibre chimique de la matière introduite dans ces systèmes de valorisation joue un rôle important sur le rendement du processus. Alors, la matière organique est divisée en deux catégories, la matière verte et la matière brune (Duplessis, 2006). La matière verte comme les restes de légumes, les herbes, le gazon, le fumier et les résidus alimentaires sont des matériaux riches en azote (N) tandis que les résidus bruns comme la sciure de bois, les feuilles et plantes mortes, les copeaux de bois, le carton déchiqueté, les serviettes de table et le papier journal sont des matériaux riches en carbone (C) (Duplessis, 2006) (Richard, 2000). Le processus de décomposition accélère considérablement lorsqu'un équilibre approprié est créé entre les matériaux riches en carbone et les matériaux riches en nitrate (Duplessis, 2006). La matière brune, aussi connue sous le nom de matière structurante, est alors une composante importante de la valorisation (Fortin et Hénault-Éthier, s. d.). Pour les deux avenues de valorisation, le ratio optimal de carbone à l'azote est de 30 : 10 (Environnement Canada, 2013). Le ratio de plusieurs matériaux est démontré dans le tableau suivant :

Tableau 2.2 Le ratio carbone à azote des matériaux compostables (Taillefer, 2019)

Matière Verte	Ratio (C : N)	Matière Brune	Ratio (C : N)
Résidus de légumes	25 : 1	Sciures de bois	325 : 1
Gazon	20 : 1	Feuilles et plantes mortes	60 : 1
Fumier	15 : 1	Copeaux de bois	400 : 1
Algues	19 : 1	Serviettes de table et papier journal	175 : 1
Résidus alimentaires	20 : 1	Carton déchiqueté	350 : 1

2.2.1 Le compostage

Le compostage est un procédé de valorisation de la matière organique par sa décomposition contrôlée. À l'aide d'une multitude de microorganismes, ce processus aérobique permet de convertir la matière organique en un produit biologiquement stable et sans effet phytotoxique (dangereux) : le compost (Fortin et Hénault-Éthier, s. d.). Au moyen de la surveillance, du maintien des conditions aérobiques et d'une phase de température élevée, la décomposition dans un système de compostage diffère de celle qui se produit en nature (Environnement Canada, 2013). Le compost est un produit stable, peu odorant, et riche en composés humiques servant principalement d'amendement pour les sols (RECYC-QUÉBEC, 2018).

Le processus de compostage se complète en deux phases débutant par une phase thermophile de décomposition rapide, où les diverses technologies de compostage sont utilisées pour accélérer le processus, suivie d'une phase mésophile de maturation qui complète plus lentement la transformation pour l'obtention d'un compost stable (RECYC-QUÉBEC, 2006). Afin d'obtenir un rendement optimal, le procédé de compostage dépend de plusieurs facteurs dont le ratio de carbone à l'azote devant se situer aux environs de 30 à 1, l'aération permettant de renouveler l'oxygène consommé par les microorganismes, la température devant atteindre plus de 45 °C afin d'assurer la destruction des pathogènes, et l'humidité nécessaire au métabolisme microbien (RECYC-QUÉBEC, 2006).

Le compostage s'appuie sur trois types de microorganismes prédominants soit les bactéries, les champignons et les actinomycètes. Ces microorganismes se succèdent au cours du processus de compostage en réponse à la température de l'environnement et les nutriments disponibles. Les bactéries, étant des décomposeurs plus rapides que leurs contreparties, se développent rapidement au cours des

trois à sept premiers jours et provoquent une augmentation de température en dégradant la matière première organique (Environnement Canada, 2013). Ciblent les composés moins complexes tels que les glucides et les protéines, la population bactérienne diminue une fois que ces nutriments sont épuisés et laisse place aux deux autres microorganismes (Environnement Canada, 2013). Les champignons sont plus répandus durant la deuxième phase du compostage : la phase mésophile. Ceci est en partie dû à une biologie plus adaptée aux conditions plus sèches de la maturation et d'autre part dû à leurs capacités de dégrader des composés plus complexes comme la cellulose et la lignine (Environnement Canada, 2013). En ce qui concerne les actinomycètes, visibles durant la dernière partie du compostage actif et durant la phase mésophile, ils jouent un rôle important dans la conversion de l'azote en formes utilisables par les plantes (Environnement Canada, 2013).

Les techniques de compostage sont catégorisées sous deux systèmes distincts. Le système ouvert compte le compostage en andains retourné sur aire ouverte, en andains couverts à aération forcée, en pile statique avec aération forcée, et en pile statique couverte avec aération forcée (Composting Council of Canada, s. d.). Les systèmes ouverts ont l'avantage d'avoir des coûts d'investissement et d'opération peu élevés tandis que les systèmes fermés requièrent une plus petite superficie et offrent un meilleur contrôle des odeurs (Taillefer, 2019). À grande échelle, le processus d'un compostage réussi comporte sept étapes selon le document technique sur la gestion des matières organiques du ministère de l'environnement canadien (2013) soit :

- a) L'inspection : cette étape consiste à retirer de la matière livrée au site de compostage les matériaux inacceptables ou qui pourraient soulever des préoccupations de sécurité tels que des roches, des objets tranchants, des métaux, des bouteilles de verre, et les pellicules de plastique ;
- b) Préparation de la matière : dans le but de fournir les conditions optimales au compostage actif, des changements aux caractéristiques physiques et chimiques sont apportés à cette étape. L'ajustement des caractéristiques de la matière première se fait par le tri, le broyage et déchiquetage, l'ajout d'agent structurant, l'ajout d'eau ou de lixiviat, et le mélange pour former une matière homogène ;
- c) Compostage actif : caractérisée par un niveau élevé d'activité bactériologique, cette étape fait référence à la décomposition rapide de la matière ;
- d) Récupération des agents structurants : certaines installations de compostage récupèrent les agents grossiers comme les copeaux de bois avant la maturation en passant par un tamiseur de 2 à 2.5 cm. Il est important de noter que récupérer les agents structurants durant le tamisage final

plutôt qu'à cette étape permet une meilleure aération ainsi minimisant les odeurs et diminue le besoin de retournement durant la maturation ;

- e) Maturation : un procédé plus lent de décomposition, en plus de s'attaquer aux structures plus complexes, les microorganismes convertissent le carbone en dioxyde et en humus et l'azote en nitrate ;
- f) Tamisage final : avant la vente ou l'utilisation aux fins d'amendements organiques, le compost est raffiné davantage à l'aide d'un tamiseur de 1 à 1.25 centimètre pour retirer les particules trop grosses ;
- g) Entreposage : que le compost soit en vrac ou emballé en sacs, il doit être entreposé de façon à empêcher la contamination, le développement d'odeurs et de poussière. La prévention et le contrôle d'incendies doivent aussi être pris en considération, car le compost peut être une source de combustible.

L'optimisation du processus de compostage requiert le contrôle de la composition de la matière organique dans le procédé et le tableau suivant présente les conditions généralement optimales au procédé.

Tableau 2.3 Conditions optimales pour le compostage (tiré de : Environnement Canada, 2013)

Paramètres	Compostage actif	Maturation	Entreposage
Concentration en oxygène	De 13 % à 18 %		
Espace lacunaire	De 40 % à 60 %		
Taille des particules	Un mélange de particules en 3 et 50 mm		
Ratio C : N	De 25 : 1 à 30 : 1	De 18 : 1 à 23 : 1	De 15 : 1 à 20 : 1
Teneur en eau	De 55 % à 65 %	De 45 % à 55 %	De 40 % à 45 %
Température	De 55 °C à 60 °C	Moins de 50 °C	Température ambiante
pH	De 6,5 à 8		

2.2.2 La biométhanisation

Contrairement au compostage, la biométhanisation est un processus de décomposition de la matière organique par des microorganismes qui s'activent dans des conditions anaérobiques, c'est-à-dire sans présence d'oxygène (RECYC-QUÉBEC, 2008). Ce processus de décomposition conduit à la formation de matières valorisables, soit le biogaz, le digestat, et l'effluent liquide (RECYC-QUÉBEC, 2008). Le plus favorisé des trois est le biogaz, car il peut être utilisé comme remplacement d'énergie fossile pour

l'électricité, le chauffage de bâtiments, ou la production de gaz naturel. Le digestat peut être valorisé comme fertilisant pour des terres agricoles ou stabilisé par compostage pour obtenir un compost. Comme le digestat, l'effluent liquide peut servir de fertilisant ou être traité avant son rejet (RECYC-QUÉBEC, 2008).

Dans un système de biométhanisation, la production de biogaz est effectuée par la digestion anaérobie de la matière organique par des microorganismes en phases. La première phase d'hydrolyse dégrade la matière organique en petites molécules telles que des acides gras, des acides aminés, et des sucres à l'aide d'enzymes dans le digesteur. Durant la phase d'acidogénèse, les microorganismes dégradent la matière hydrolysée en une variété d'acides organiques et d'alcools. L'acétogénèse est une phase de fermentation plus poussée dans laquelle les composants solubles sont transformés en hydrogène (H_2), en gaz carbonique (CO_2), et en acétate (CH_3COO^-). La dernière phase de méthanogénèse transforme le substrat en méthane (CH_4) et dioxyde de carbone (CO_2) pour l'obtention du biogaz grâce aux organismes méthanogènes. (Environnement Canada, 2013) (MDDELCC, 2018)

Le traitement employé pour la biométhanisation varie selon la teneur en eau de la matière à traiter (MDDELCC, 2018). Un traitement d'eaux usées est utilisé pour une présence de moins de 5 % de solides, une digestion en phase liquide pour une présence de solides entre 5 % et 20 %, et une digestion à haute teneur en solides pour une présence solide de 20 % à 50 % (MDDELCC, 2018). Pour des concentrations de moins de 20 % de solides, les digesteurs humides sont employés. Ces derniers sont conçus pour les matières dissoutes en suspension dans l'eau (Environnement Canada, 2013). Dans le cas d'une collecte municipale, les digesteurs à haute teneur en solides sont plus appropriés, car le ratio de résidus verts et alimentaires municipaux aux boues municipales approche 2 à 1, soit 1,24 MT de résidus à 0,69 MT de boues municipales (RECYC-QUÉBEC, 2018). En raison du plus faible coût en capital, de l'exploitation plus facile, et de défaillances moins fréquentes, les systèmes de digestions à une étape sont plus fréquemment retrouvés en dépit des rendements plus élevés de biogaz dans les systèmes à deux étapes (Environnement Canada, 2013). De plus, le procédé peut être conçu pour fonctionner à des températures élevées, moyennes, ou basses selon les nécessités du projet. Les systèmes thermophiles fonctionnent entre 55 °C et 60 °C, ont une production de biogaz et un débit d'alimentation plus élevée que les systèmes mésophiles et psychrophiles qui fonctionnent des températures entre 27 °C à 37 °C et entre 7 °C et 25 °C respectivement (RECYC-QUÉBEC, 2008).

L'élément central aux systèmes de biométhanisation est la qualité du biogaz produit. Cette qualité est établie par le potentiel énergétique et de réutilisation du produit qui est déterminé par sa teneur en méthane. Ainsi, plus la concentration de méthane est élevée, plus le potentiel énergétique est élevé. Le

biogaz issu des déchets solides organiques municipaux contient généralement 60 % de méthane, soit un potentiel énergétique de 22 300 kilojoules par mètre cube [kJ/m^3] comparativement au méthane qui fournit 37 200 kJ/m^3 (Environnement Canada, 2013). De plus, des quantités élevées de sulfure d'hydrogène (H_2S) dans le mélange gazeux peuvent poser des risques pour la santé et la sécurité du personnel et des problèmes pour les équipements de combustion. La concentration typique de H_2S dans le biogaz varie entre 200 à 4 000 parties par million [ppm]. En fonction des paramètres spécifiques des équipements, des concentrations de plus de 1 000 ppm de H_2S peuvent généralement être utilisées dans les équipements combustion de biogaz (Environnement Canada, 2013). Cependant, une concentration de 100 ppm présente un danger immédiat pour la vie et la santé des personnes (Occupational Safety and Health Administration, s. d.). Les lignes directrices au Québec limitent la concentration de H_2S du biogaz avant combustion à 300 ppm pour un équipement de production de chaleur et à 150 ppm pour une turbine ou un moteur à combustion interne (MDDELCC, 2018). Ainsi, un traitement additionnel d'enlèvement de H_2S est souvent nécessaire avant la mise au marché du biogaz.

Le document technique d'Environnement Canada (2013) présente le processus de biométhanisation en quatre étapes :

- a) La réception et le prétraitement des matières premières : cette étape consiste à inspecter la matière reçue afin d'assurer l'extraction des contaminants et des éléments pouvant endommager les équipements. Puis, elle est broyée et subit un ajustement de pH assurant un mélange homogène pour optimiser les conditions de la digestion anaérobie.
- b) La digestion anaérobie : cette étape est la décomposition chimique et biologique dans le réacteur à l'aide des traitements d'hydrolyse, d'acidogénèse, d'acétogénèse, et de méthanogénèse. Les réactions biochimiques de la digestion anaérobie produisent un mélange de méthane, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, d'ammoniac, d'azote, et d'autres gaz traces.
- c) Captage et utilisation du biogaz : un système de collecte récolte le biogaz produit et un traitement additionnel peut être adopté pour raffiner le produit selon son utilisation. Pour une utilisation de combustible inférieur tel qu'une chaudière à gaz nécessite une élimination des matières particulaires et une déshumidification. Une utilisation de combustible moyen ajoute au précédent une élimination des gaz traces. Une combustion supérieure requiert, en plus, un enlèvement du dioxyde de carbone et de l'oxygène en plus.
- d) Gestion et traitement du digestat : dans les cas de digestion en haute teneur de solides, le digestat peut être appliqué sur des terres agricoles directement ou être composté.

Comme pour le compostage, le processus de biométhanisation nécessite un contrôle de l'environnement pour une digestion optimale. Le tableau suivant présente les paramètres clés typiques du processus de la digestion anaérobique.

Tableau 2.4 Paramètres clés de la digestion anaérobique (tiré de : Environnement Canada, 2012)

Paramètres	Digestion à haute teneur en solide	
	Matière empilable	Boue liquide
Teneur en eau	Moins de 60 %	Entre 60 % et 80 %
pH	6,0 à 7,0	
Alcalinité	Plus de 100 mg/L	
Acides gras volatils	Moins de 4 000 mg/L	
Température	Digesteur mésophile : 27 °C à 37 °C Digesteur thermophile : 55 °C à 60 °C	
Temps de rétention	De 14 à 40 jours	
Ratio C : N	30 : 1	
Ammoniac	200 mg/L	
Sulfure	Moins de 50 mg/L	

2.3 Élimination

Au Québec, l'élimination des matières résiduelles non dangereuses est autorisée sous deux formes : l'enfouissement et l'incinération (MELCC, 2021). L'enfouissement est une des plus vieilles méthodes utilisées pour la gestion des matières résiduelles tel que présenté dans la section de l'évolution de la gestion. À l'origine, aucune technologie spécifique n'était nécessaire et il suffisait simplement de trouver un terrain viable pour y enterrer les résidus ultimes. Similairement, l'incinération a, depuis longtemps, été utilisée pour l'élimination des matières résiduelles. L'accroissement de la population, le développement industriel et le développement de produits plus persistants et plus dangereux ont complexifié l'élimination des résidus par la présence grandissante de produits chimiques et d'éléments difficilement biodégradables dans les résidus domestiques. (Desjardins et Forcier, 2007) En réponse aux problématiques constatées au fil des années, les opérations d'élimination sont régies par le *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* [REIMR] sous la LQE. L'incinération doit aussi respecter les normes d'émission du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* [RAA] du Conseil canadien des ministres de l'environnement [CCME]. (MELCC, 2021)

2.3.1 L'enfouissement

L'enfouissement des matières résiduelles peut seulement être effectué à un endroit régi, soit un lieu d'enfouissement technique [LET], un lieu d'enfouissement en tranchée [LEET], un lieu d'enfouissement en milieu nordique [LEMN], un lieu d'enfouissement de débris de construction ou de démolition [LEDGD], ou un lieu d'enfouissement en territoire isolé [LETI]. Le LET constitue le concept de base avec plus de 90 % des matières résiduelles vouées à l'élimination qui y sont acheminées, tandis que les autres sont spécifiques à certaines matières ou certains territoires et accueillent près de 5 % de ces matières résiduelles (MELCC, 2021).

Les LET sont des espaces étanches ou imperméabilisés dont la conductivité hydraulique doit être égale ou inférieure à 1×10^{-6} cm/s sur au moins 6 mètres d'épaisseur sur lesquels sont déposées les matières résiduelles. Cet espace doit présenter une inclinaison minimale de 2 % pour faciliter l'écoulement du lixiviat vers les drains. Pour établir un LET dans une mine ou carrière à ciel ouvert, le plancher de l'excavation doit être sous le niveau des eaux souterraines et le débit moyen quotidien des infiltrations d'eaux souterraines doit être de 5×10^{-4} m³ d'eau par mètre carré. Bien entendu, les LET doivent être équipés d'un système de captage des eaux et de lixiviat afin de les évacuer vers un lieu de traitement ou de rejet. De plus, les LET doivent être dotés d'un système de captage de biogaz produit dans les zones de dépôt. Le biogaz capté peut être valorisé ou rejeté dans l'environnement suite à un traitement thermique qui détruit 98 % des composés organiques autres que le méthane. (MELCC, 2021)

Au quotidien, les camions de collecte entrant au LET passent par un point de contrôle pour enregistrer le poids, la nature, et la provenance des matières résiduelles reçues (Complexe Enviro Connexion, s. d.). Le contrôle permet aussi de vérifier la conformité des déchets reçus et déceler la présence de matières radioactives (MELCC, 2021). Les camions déchargent leurs cargaisons dans les zones de dépôt puis un compacteur écrase les matières résiduelles pour maximiser la capacité d'exploitation (Régie intermunicipale des déchets de la Rouge [RIDR], s. d.). Pour minimiser les odeurs, limiter les risques d'incendie, empêcher la vermine et éviter l'envol des déchets sous l'action du vent, les matières résiduelles sont aspergées de neutralisant d'odeurs, couvertes par une toile de recouvrement, ou recouvertes par une couche de matériau à la fin de chaque jour ou dès qu'une zone de dépôt atteint sa capacité maximale (Complexe Enviro Connexion, s. d.)(RIDR, s. d.) (MELCC, 2021). Les exploitants des LET doivent maintenir une surveillance continue des opérations à travers les analyses de lixiviat, des eaux souterraines, de la migration du méthane, et de l'efficacité du système de captage de biogaz. Un rapport annuel est transmis

au ministère de l'Environnement incluant la progression des lieux, les données compilées au registre et les vérifications des suivis environnementaux (MELCC, 2021).

À la fermeture, l'exploitant d'un LET doit aviser le ministère par écrit de la date de cessation de la réception des matières résiduelles, faire préparer un état de la fermeture par une tierce partie dans les 6 mois suivant la date de fermeture, et mettre en place un recouvrement final dans un délai maximal de 18 mois suivant la date de fermeture (*REIMR*). Le recouvrement final doit avoir une couche de drainage de 30cm, une couche imperméable d'au moins 45cm ou une géomembrane d'une épaisseur minimale de 1mm, une couche de sol de 45cm dont les caractéristiques protègent la couche imperméable, et une couche de sol apte à la végétalisation. Pour favoriser le ruissellement des eaux vers l'extérieur des zones de dépôts tout en limitant l'érosion du sol, le recouvrement final doit avoir une pente de 2 % à 30 %. Au plus tard 1 an après sa mise en place, le recouvrement final doit être végétalisé par des espèces non susceptibles d'endommager la couche imperméable. (MELCC, 2021)

2.3.2 L'incinération

L'incinération est un procédé de traitement thermique des matières résiduelles qui repose sur la réaction chimique de combustion à des températures entre 400°C et 5000°C, selon le procédé (MDDEP, 2010). Il existe quatre procédés de traitement thermique : la combustion, la pyrolyse, la gazéification et le plasma thermique. Les traitements thermiques visent à réduire le volume de matières résiduelles, détruire les substances chimiques dangereuses, et détruire les pathogènes présents dans les déchets (MELCC, 2021). En plus de produire de la chaleur, les réactions chimiques génèrent certains extrants gazeux ou liquides pouvant servir à la valorisation énergétique (MDDEP, 2010).

Au Québec, l'élimination par traitement thermique est très peu utilisée. Moins de 5 % des matières résiduelles vouées à l'élimination sont acheminées vers un traitement thermique (MELCC, 2021). Des quatre incinérateurs en opération dans la province, seuls les incinérateurs de Québec et de Lévis éliminent les déchets solides. Les incinérateurs de Montréal et de Longueuil sont dédiés à l'élimination des boues et des eaux usées des municipalités qu'ils desservent (FCQGED, s. d.).

L'incinération n'élimine pas entièrement les matières résiduelles, mais les transforme en cendres et en résidus solides (FCQGED, s. d.). Le processus d'incinération produit des résidus pouvant contenir des matières imbrûlées, des suies et des métaux lourds, en plus des gaz de cheminée corrosifs et toxiques, dont le chlorure d'hydrogène [HCL], le dioxyde de soufre [SO₂], et les dioxines et furanes (Desjardins et Forcier, 2007) (MELCC, 2021). Les cendres et les résidus solides de l'incinération peuvent constituer jusqu'à

un quart des matières entrant dans le processus et doivent tout de même être acheminés à un site d'enfouissement (FCQGED, s. d.)(Desjardins et Forcier, 2007).

3. FINANCEMENT

La gestion des matières résiduelles occupe une part importante des finances publiques municipales. En 2019, les municipalités du Québec ont dépensé 962 040 603 \$ pour la gestion des matières résiduelles; un montant correspondant à 29,62 % des charges associées à l'hygiène du milieu (Ministère des affaires municipales et de l'habitation [MAMH, 2021]). Dans le but de mitiger les coûts de la GMR et encourager de meilleures pratiques de gestion, le gouvernement assiste les municipalités à travers le régime de compensation et le régime de redevances à l'élimination.

3.1 Le régime de compensation

En 2002, le projet de loi 102 introduit le régime de compensation dans la LQE afin de permettre aux municipalités d'être compensées pour les services qu'elles rendent en matière de récupération et de valorisation de la matière résiduelle (Gouvernement du Québec, 2002). Entré en vigueur le 1^{er} mars 2005 avec le *Règlement sur la compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles [RLRQ c Q-2, r10]*, ce régime offre une compensation d'un maximum de 50 % du coût net des services de collecte sélective que les municipalités fournissent. Depuis, plusieurs modifications ont été apportées au règlement et une augmentation graduelle du taux de compensation à travers les années a permis l'atteinte d'un taux de compensation maximale de 100 % en 2013. (MELCC, s. d.a)

Le règlement sur la compensation se résume en trois sections : les contributions exigibles, la distribution de la compensation et l'indemnité payable à la Société québécoise de récupération et de recyclage. La première section concerne les fabricants et les détaillants qui doivent verser une contribution pour les contenants d'emballage servant à la commercialisation. Le tarif de cette contribution est établi par consultation auprès des personnes visées en tenant compte des conséquences environnementales, du contenu des matières recyclées, de la nature des matériaux utilisés et du volume des matières produites (LQE). La dernière section réfère à un montant payable annuellement à RECYC-QUÉBEC pour l'indemniser de ses frais de gestion et autres dépenses. Ce montant correspond à 2 % de la compensation due aux municipalités et ne peut pas dépasser 3M \$. La section sur la distribution de la compensation est la plus pertinente pour notre sujet, car elle adresse la méthode de calcul et de répartition de la compensation pour les municipalités. (RLRQ c Q-2, r10)

Le calcul du montant admissible à la compensation se fait sur la base des coûts nets des services de collecte, de transport, de tri et de conditionnement fournis, auxquels est soustrait tout revenu issu de la

valorisation dont bénéficie la municipalité (*RLRQ c Q-2, r10*). Incluant la plus récente modification du règlement initiée le 2 juillet 2020, un montant équivalant à 6,45 % du résultat obtenu est soustrait du total admissible (Gouvernement du Québec, 2020a). Pour le calcul de compensation, les municipalités sont constituées en 6 groupes illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 La division des municipalités en six groupes (tiré de : *RLRQ c Q-2, r10*)

Groupe	Nombre d'habitants	Distance de Montréal ou Québec
1	≥ 3 000 habitants	≥ 100 km
2	3 000 à 25 000 habitants	≥ 100 km
3	≤ 25 000 habitants	≥ 100 km
	* Inclue Montréal et Québec	
4	≥ 3 000 habitants	≤ 100 km
5	3 000 à 25 000 habitants	≤ 100 km
6	≤ 25 000 habitants	≤ 100 km

La société de récupération et de recyclage détermine les coûts des services admissibles à la compensation en comparant la performance et l'efficacité de la municipalité avec d'autres du même groupe.

$$PE = \frac{\left(\frac{\text{Coûts}}{\text{Tonnes}} \right)}{\left(\frac{\text{kg}}{\text{habitants}} \right)}$$

Le facteur de performance et d'efficacité de la municipalité (PE) est calculé à partir des coûts nets (Coûts) par rapport à la quantité en tonne métrique qui a été récupérée et valorisée (Tonnes), divisé par le rapport entre la quantité de matière récupérée et valorisée (kg) et le nombre d'habitants de la municipalité (habitants). Puis, 12.5 % des facteurs de performances les plus élevés et les plus faibles de chaque groupe sont exclus et une moyenne est établie à partir des performances restantes pour chaque groupe de municipalité. Lorsque le facteur PE d'une municipalité est égal ou inférieur à la moyenne établie pour le groupe, les coûts admissibles à la compensation correspondent aux coûts nets déclarés. Dans le cas d'un facteur PE supérieur à la moyenne du groupe, la formule suivante est appliquée pour atteindre les coûts admissibles à la compensation (*RLRQ c Q-2, r10*).

$$CA = \left[PE_g \times \left(\frac{\text{kg}}{\text{habitants}} \right) \right] \times \text{Tonnes}$$

Autres que les coûts admissibles (CA) et le facteur de performance et d'efficacité établi pour le groupe (PE_g), les éléments présents dans cette formule retiennent les mêmes définitions que la formule précédente (*RLRQ c Q-2, r10*). Le tableau suivant démontre concrètement le résultat des calculs présentés avec des exemples fictifs :

Tableau 3.2 Exemple de calcul des coûts admissibles

SECTION 1				
Municipalité	A	B		C
Couts net (\$)	100 000	80 000		90 000
Habitants	5 000	4 000		5 000
Tonnes	7 500	7 000		8 000
Kg	7 500 000	7 000 000		8 000 000
PE	0.0088889	0.0065306		0.0070313
PE _g	0.00748358			
SECTION 2				
Municipalité	A	D	E	F
Couts net (\$)	100 000	90 000	100 000	110 00
Habitants	5 000	5 000	5 000	5 000
Tonnes	7 500	7 500	8 000	7 500
Kg	7 500 000	7 500 000	8 000 000	7 500 000
PE	0.008888889	0.008	0.0078125	0.009777778
PE _g	0.008619792			
COMPARATIF				
SECTION 1				
	Coûts admissibles	% des coûts nets		Kg/habitants
Municipalité A	84190,32	84,19 %		1 500
Municipalité B	PE inférieur à PE _g	100 %		1 750
Municipalité C	PE inférieur à PE _g	100 %		1 600
SECTION 2				
Municipalité A	96972,66	96,97 %		1 500
Municipalité D	PE inférieur à PE _g	100 %		1 500
Municipalité E	PE inférieur à PE _g	100 %		1 600
Municipalité F	96972,66	88,16 %		1 500

Suivant l'observation des résultats obtenus dans le tableau ci-dessus, on peut comprendre que le facteur d'efficacité d'une municipalité a une relation inverse aux coûts admissibles à la compensation. C'est-à-dire que plus le PE est élevé en relation à la moyenne, moins le pourcentage des coûts nets est admissible. De plus, la section 2 du tableau permet d'observer les influences des différents éléments de l'équation. En comparaison à la municipalité A, les municipalités D et F démontrent que la minimisation des coûts nets a une influence négative sur le PE. Similairement, la municipalité E démontre que l'augmentation du tonnage récupéré et valorisé a une influence négative sur le PE. Alors, les municipalités doivent tenter de diminuer leurs coûts et augmenter le tonnage récupéré et valorisé afin de détenir un PE sous le seuil de la moyenne et obtenir un maximum de compensation.

3.2 Les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles

Dans le but de réduire les quantités de matières destinées à l'élimination, de même que prolonger la durée de vie des lieux d'élimination, le règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles a été instauré dans la législation du Québec sous le décret 340-2006 le 26 avril 2006 (Gouvernement du Québec, 2006) (MELCC, s. d.b). En vigueur depuis le 23 juin 2006, ce règlement exige des exploitants d'un lieu d'élimination de payer une redevance en fonction de la quantité en tonne métrique de matières résiduelles reçues pour l'élimination (Gouvernement du Québec, 2006). Initialement au coût de 10 \$ par tonne métrique indexé annuellement, une redevance supplémentaire de 9,50 \$ a été ajoutée en 2010 (MELCC, s. d.b). Depuis le 1^{er} janvier 2021, les deux types de redevances ont été fusionnés et le montant croissant s'élève maintenant à 23,51 \$ par tonne métrique (Gouvernement du Québec, 2020b).

Les sommes perçues par les redevances sont versées au Fonds de protection de l'environnement et du domaine hydrique de l'état et redistribuées aux municipalités sous forme de subventions (MELCC, s. d.c). Une entente entre le ministère de l'Environnement, la Fédération québécoise des municipalités [FQM], et l'Union des municipalités du Québec [UMQ] assure une redistribution de 85 % des redevances régulières sous forme de subventions pour financer l'élaboration, la révision, et la mise en œuvre du plan de gestion des matières résiduelles [PGMR] des municipalités (MELCC, s. d.c). Le solde de 15 % finance les activités relatives à la GMR au Ministère. Dans le cas de la redevance supplémentaire, 33 % du revenu est distribué aux municipalités sous forme de subventions pour leurs PGMR. Le 67 % restant contribue au financement

du Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage et à la réalisation des actions de la Politique (MELCC, s. d.b).

La distribution des subventions est calculée selon les paramètres de population et de performance. La totalité des redevances régulières est distribuée aux municipalités selon la performance territoriale tandis que la somme des redevances supplémentaires est partagée en deux portions. (MELCC, s. d.c)

Pour le calcul de redistribution des redevances régulières, la population réfère au nombre d'habitants et la performance est déterminée par la quantité de matière éliminée par habitant. La subvention municipale est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Subvention pour la performance} = (A/B) \times C \times F$$

$$F = \left(\frac{(E - D)}{E^G} \right) + H$$

Pour comparer les municipalités sur une base de caractéristiques similaires, elles sont catégorisées en sept groupes en fonction de leur population et de la distance des grands centres urbains.

Tableau 3.3 Catégories de municipalités (tiré de : MELCC, s. d.c)

Groupe	Nombre d'habitants	Distance des grands centres
1	≥ 3 000 habitants	≥ 100 km
2	3 001 à 25 000 habitants	≥ 100 km
3	25 001 à 100 000 habitants	≥ 100 km
4	≥ 3 000 habitants	≤ 100 km
5	3 001 à 25 000 habitants	≤ 100 km
6	25 001 à 100 000 habitants	≤ 100 km
7	100 001 habitants et plus	

La somme totale de la redevance est d'abord redistribuée aux groupes en proportion de leur population et ensuite répartie aux municipalités selon leurs performances à l'intérieur du groupe. Ainsi, le calcul de redistribution nécessite les données de population et de performance de la municipalité, de même que pour le groupe. Les tableaux suivants donnent l'exemple de redistribution pour une municipalité fictive :

Tableau 3.4 Exemple pour le calcul de la redistribution des redevances

Groupe	Population admissible (B)	%	Subvention pour la performance territoriale (C)	%	Élimination moyenne kg/habitant (E)
1	300 000	3,75 %	2 250 000	3,75 %	420
2	1 200 000	15 %	9 000 000	15 %	410
3	1 000 000	12,5 %	7 500 000	12,5 %	500
4	500 000	6,25 %	3 750 000	6.25 %	375
5	600 000	7,5 %	4 500 000	7,5 %	450
6	400 000	5 %	3 000 000	5 %	475
7	4 000 000	50 %	30 000 000	50 %	485
Total du Québec	8 000 000	100 %	60 000 000	100 %	445
Paramètre	Municipalité L		Valeur		
	Distance des grands centres		257 km		
A	Population		6 700		
D	Élimination moyenne de la municipalité		470		
G*	Facteur de redressement		1		
H**	Facteur de correction		1,04087		
*Constante pour baliser le facteur de rendement afin d'imposer un plafond et un plancher aux subventions des municipalités.					
**Constante qui assure la distribution du montant complet entre les municipalités.					

La première étape consiste à distribuer le montant total aux groupes proportionnellement à leur population, tel que présenté dans le premier tableau. En raison de sa population et de sa distance des centres urbains, la municipalité L se catégorise dans le groupe 2 dont la subvention territoriale est de 9M. Ensuite, le facteur F est calculé à l'aide des données d'élimination moyenne de la municipalité et du groupe. Finalement le facteur F est inséré dans la formule pour déterminer la subvention.

$$F = \left(\frac{(E - D)}{E^G} \right) + H = \left(\frac{(410 - 470)}{410^1} \right) + 1,04087 = 0,8945$$

$$Subvention = \left(\frac{A}{B} \right) \times C \times F = \left(\frac{6\,700}{1\,200\,000} \right) \times 9\,000\,000 \times 0,89453 = 44\,950,13 \$$$

La municipalité L recevrait alors une subvention de 44 948.62 \$, soit 6,70 \$ par habitant comparativement à la moyenne du Québec de 7,5 \$ par habitant **dans cet exemple**. Ce montant reflète le volume de matières éliminées plus élevé que celui de la moyenne. La formule du calcul de subvention ajuste aussi le montant attribué en fonction de la performance à l'intérieur du groupe comme démontré dans les exemples du prochain tableau.

Tableau 3.5 Exemple de la redistribution des redevances

Municipalité M			
Population	Groupe	Élimination moyenne du groupe	Subvention territoriale
6 700	2	410 kg/hab	9 000 000 \$
Variation municipale d'élimination			
Élimination (kg/hab)	F	Subvention municipale	Montant par habitant
470 kg/hab	0,89453	44950,13 \$	6,70 \$
445 kg/hab	0,95550	48013,87 \$	7,16 \$
410 kg/hab	1,04087	52303,71 \$	7,80 \$
400 kg/hab	1,06526	53529,31 \$	7,98 \$

L'exemple ci-dessus présente la municipalité M dont les caractéristiques sont identiques à la municipalité L vue antérieurement. Les variations des quantités éliminées démontrent qu'une performance égale à la moyenne du Québec de 445 kg par habitant résulte à une subvention de 7,16 \$ par habitant, soit moins que la moyenne du Québec. Ceci est dû au fait que la performance moyenne du groupe est meilleure que la moyenne du Québec donc la municipalité devrait détenir un meilleur résultat. Dans le cas d'une performance égale à la moyenne du groupe, la subvention associée est plus élevée que la moyenne du Québec, car la performance du groupe de même que celle de la municipalité sont meilleures que la moyenne québécoise. Des variations plus évidentes sont aussi présentées dans le tableau pour des fins de référence.

Pour ce qui est des redevances supplémentaires, la distribution de la somme s'effectue en deux portions. La première portion est attribuée aux municipalités qui ont une desserte de matière organique admissible en fonction de leur population. La seconde portion est attribuée aux municipalités qui répondent aux critères de gestion des matières organiques. En 2020, la division s'établissait à 40 % pour la première portion distribuée selon la population et à 60 % pour la seconde portion de performance territoriale pour

les municipalités ayant atteint la cible de desserte pour les matières organiques de 70 % des unités d'occupation de 5 logements et moins sur une période minimale de 26 semaines. Le critère supplémentaire pour accéder aux subventions de la seconde portion est l'exemption de réglementation interdisant l'épandage et le stockage de matière fertilisante sur l'ensemble de la zone verte. (MELCC, s. d.d)

4. LE CALCUL DE PERFORMANCE

La création d'un outil d'évaluation ne peut être réalisée sans la définition de l'élément mesuré. La performance est un concept qui est défini par sa relation aux variables observées. Le rapport de performance annuel de la collaborative *Municipal Benchmarking Network Canada* [MBNC] utilise des indicateurs de performance basés sur le tonnage, le nombre de ménages desservis et les coûts de service (MBNC, 2018). Similairement, l'outil de visualisation de performance de la Ville de Montréal emploie ces mêmes éléments sous différentes formes pour ses indicateurs de la GMR (Ville de Montréal, 2020). Les publications du *ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire* [MAMOT] sur les indicateurs de gestion municipaux ajoutent la population à cette liste.

L'étude présentée par Éco Entreprise Québec [ÉEQ] attribue les variables observées à deux concepts pour observer la dimension économique et la dimension environnementale séparément (ÉEQ, 2008). L'organisme associe le concept de performance au rendement de matières résiduelles récupérées par habitant (kg/hab.) pour adresser la dimension environnementale et le concept d'efficacité à l'efficacité financière du service pour la dimension économique, soit le coût payé pour chaque tonne récupérée (\$/T) (ÉEQ, 2008). Cette approche n'est toutefois pas adaptée pour le développement de l'outil désiré. Dans l'objectif de situer une municipalité sur un plan référentiel, il est nécessaire d'établir un seul résultat d'évaluation. Alors, les dimensions économique et environnementale ont été combinées et intégrées à l'outil conçu pour l'évaluation de la performance.

Aux fins de cet outil d'évaluation, la performance est déterminée à partir des relations entre les variables de poids annuel des matières résiduelles collectées (p), du nombre d'habitants de la municipalité (h), des coûts annuels de la GMR (c), de la superficie totale du territoire (s), et la superficie occupée du territoire (k). La formule développée pour calculer la performance intègre les divers éléments des indicateurs de performance identifiés et unit les dimensions économique et environnementale.

$$\text{Formule simplifiée : Performance} = \frac{1000kd(hc + p^2)}{c^2p}$$

Pour adresser la dimension environnementale de poids par habitant, le rapport a été inversé pour former une relation inverse entre le poids et la performance. De cette façon, la dimension environnementale utilise le rapport d'habitants par poids (h/p) pour un résultat de performance grandissant quand la quantité de déchets produits diminue. Pareillement, la dimension économique subit une inversion du rapport de coûts payés par poids observé initialement. Le rapport inversé de poids par coûts payés (c/p) cause une diminution de la performance pour des coûts payés grandissants.

$$\text{Formule partielle : Performance} = \left(\left(\frac{h}{p} \right) + \left(\frac{p}{c} \right) \right)$$

La formule partielle présentée ci-dessus réussit à unifier l'environnement à l'économie, mais omet la considération cruciale des différences géographiques entre les municipalités. La délimitation territoriale d'une municipalité peut être très vaste, avoir une petite superficie occupée, et compter une taille de population très grande. Les diverses combinaisons de ces trois aspects peuvent impacter significativement la performance par leurs influences sur le poids et les coûts annuels. Afin d'intégrer ces variations, la superficie est incluse à la formule sous la forme de densité d'occupation (d) avec le rapport de la population sur la superficie totale du territoire (h/s). Cette inclusion permet d'établir une relation positive entre la densité et la performance, soit plus la densité augmente, plus la performance est positive. La deuxième application de la superficie adresse l'occupation du territoire. La superficie occupée est représentée par le kilométrage de rues municipales parcourues par les camions de collectes (k) et impacte directement les coûts annuels. Pour avoir une relation positive sur la performance, le calcul utilise un rapport de la distance par mètre sur les coûts annuels ((k*1000)/c). Ainsi, plus la distance parcourue pour un même prix est grande, plus la performance est influencée positivement. L'incorporation des aspects géographiques à travers la densité et le kilométrage de rues offre la possibilité de comparer les municipalités de différentes tailles et populations.

$$\text{Formule complète : Performance} = \left(\left(\left(\left(\frac{h}{p} \right) + \left(\frac{p}{c} \right) \right) * \left(\frac{k * 1000}{c} \right) \right) * (d) \right)$$

$$\text{Formule simplifiée : Performance} = \frac{1000kd(hc + p^2)}{c^2p}$$

Le tableau suivant fournit une référence visuelle des interactions entre les variables pour la compréhension des influences de chacune d'elles :

Tableau 4.1 Simulation du calcul de performance et les influences des variables

Calcul et valeurs initiales	$\left(\left(\left(\left(\frac{h}{p} \right) + \left(\frac{p}{c} \right) \right) * \left(\frac{k * 1000}{c} \right) \right) * (d) \right)$				
	$116.77 = \left(\left(\left(\left(\frac{100000}{80000} \right) + \left(\frac{80000}{7200000} \right) \right) * \left(\frac{2000 * 1000}{7200000} \right) \right) * \left(\frac{100000}{300} \right) \right)$				
Variables	Habitants (200 000h)	Poids (16 000t)	Coûts (14 400 000 \$)	Superficie (600 km²)	Distance (2 000 000 m)
Habitants (200 000h)	465,02	235,60	232,00	232,51	930,04
Poids (16 000t)	235,60	59,93	29,45	29,96	119,86
Coûts (14.4M \$)	232,00	29,45	58,13	29,06	116,26
Superficie (600 km²)	232,51	29,96	29,06	58,38	116,77
Distance (2M m)	930,04	119,86	116,26	116,77	233,54

Les valeurs des variables du calcul initial ont été doublées pour l'exploration des influences de chaque variable sur la performance. À l'étude des résultats, on comprend qu'une augmentation de la population pour un même coût et poids initial augmente drastiquement la performance. Cette augmentation reflète les améliorations de la municipalité sur les domaines économique et environnemental simultanément. La combinaison des augmentations de la population et du poids offre une performance plus élevée, mais demeure inférieure à la performance d'une augmentation de la population uniquement. Cette combinaison démontre une amélioration du domaine économique en gardant une stabilité environnementale. L'observation de la variable de coût confirme qu'une augmentation de cette dernière est liée à une baisse de la performance, sauf quand une augmentation de la population est aussi associée. Dans le cas d'une augmentation de coûts et de population, **l'impact négatif de la détérioration du domaine économique est atténué par l'impact positif de l'amélioration du domaine environnemental**. Une augmentation de la superficie diminue la performance à moins d'être accompagnée par une augmentation de la population ou de la distance. L'augmentation de la distance parcourue permet de contrer les effets négatifs des augmentations de variables néfastes et de multiplier les gains des augmentations des variables avantageuses.

4.1 Les variables

La performance d'une municipalité est le résultat des interactions entre les variables du nombre d'habitants d'une municipalité, de poids des matières résiduelles, des coûts annuels de la GMR, de la distance parcourue, de la superficie du territoire, et de la densité d'occupation du territoire. L'exemple fictif de l'application de la formule de performance dans la section précédente démontre les interactions entre ces variables. La présente sous-section explore la composition des variables individuellement.

4.1.1 Le nombre d'habitants d'une municipalité

Cette variable est simplement la reprise de la population de la municipalité.

$$h = \text{population municipale}$$

Puisqu'elle fait partie de la dimension environnementale, la population d'une municipalité est une des trois variables au cœur de la formule de performance. Directement corrélée au poids annuel et à la densité de population, et indirectement corrélés au coût annuel, les changements aux valeurs de cette variable ont un impact significatif sur la performance. Par sa position centrale à la formule de performance, la population a une influence importante sur le résultat de performance. Sa présence dans la variable de densité, en périphérie de la formule, multiplie son influence.

4.1.2 Le poids des matières résiduelles collectées

La variable de poids est la somme des poids annuels des matières résiduelles récupérées par la collecte de déchets, de recyclage, et de matières organiques.

$$p = \sum \begin{matrix} \text{poids annuel de la collecte de déchets} \\ \text{poids annuel de la collecte des matières recyclables} \\ \text{poids annuel de la collecte des matières organiques} \end{matrix}$$

Similairement à la variable de population, le poids est une variable au cœur de la formule de performance. Elle est directement corrélée à la population et au coût de la gestion, tous les deux au centre de la formule. La variable de poids fait partie de la dimension environnementale et de la dimension. De ce fait, les changements aux valeurs de cette variable ont un impact important sur le résultat de performance.

Les données d'éliminations du ministère de l'Environnement présentent une moyenne de 244,98 kilogrammes par habitant d'ordures ménagères collectées par toutes les municipalités du Québec en 2019, soit 2 073 213 tonnes sur une population de 8 462 889 personnes (MELCC, s. d.e). Du côté de la collecte sélective et de la valorisation, ce sont les informations du bilan de 2020 rédigé par RECYC-QUÉBEC qui

permettent d'établir les masses moyennes respectives de 91,97 kilogrammes par habitant et de 148,20 kilogrammes par habitant en 2018, soit de 772 000 tonnes de matières recyclables et de 1 244 000 tonnes de matières organiques pour 8 394 034 habitants (RECYC-QUÉBEC, 2020). Il est à noter que les valeurs identifiées sont issues des collectes municipales et peuvent inclure certaines ICI, car plusieurs municipalités collectent les matières résiduelles de façon commune. Bien sûr, les collectes propres aux ICI et les boues municipales sont exclues du calcul.

4.1.3 Le coût annuel

La variable de coût annuel est la somme des dépenses liées aux opérations des trois voies de collecte. Le coût annuel est la dernière variable au cœur de la formule et fait partie de la dimension économique de la performance. Le coût de la GMR est directement corrélé au poids annuel et au kilométrage parcouru pour la collecte. Élément central de cet essai, la variable de coût annuel est développée en profondeur dans la section suivante.

4.1.4 Le kilométrage

Par considération aux proportions inoccupées de plusieurs régions du Québec, la variable de kilométrage est utilisée pour analyser la performance. La variable fait référence au kilométrage de rues parcourues pour la collecte des matières résiduelles du territoire. Par sa position dans la formule et sa relation directe au coût, cette variable influence moyennement la performance.

4.1.5 La superficie et la densité

La densité d'occupation est le ratio du nombre d'habitants sur le territoire à la superficie totale du territoire.

$$Densité = \left(\frac{\text{Nombre d'habitants}}{\text{Superficie totale du territoire en kilomètres carré}} \right)$$

La superficie ne peut être modifiée indépendamment de la densité. Similairement, la valeur de la population ne peut être modifiée sans impacter la densité. La densité est située en périphérie de la formule de performance. Ainsi, les changements aux valeurs de la superficie impactent peu le résultat de la performance. Toutefois, la densité a le rôle d'accroître l'influence des changements à la variable de la population.

5. LES COÛTS ANNUELS DE LA GMR MUNICIPALES COÛTS ANNUELS DE LA GMR MUNICIPALE

La variable de coût annuel est composée de deux éléments : les coûts de collecte et de transport (c_c), et les coûts de traitement (c_t). Comme pour la variable de poids, ces deux éléments sont la somme des services municipaux offerts.

$$c = c_c + c_t$$

$$c_c = \sum \begin{matrix} \text{coûts annuels de collecte et de transport des déchets} \\ \text{coûts annuels de collecte et de transport des matières recyclables} \\ \text{coûts annuels de collecte et de transport des matières organiques} \end{matrix}$$

$$c_t = \sum \begin{matrix} \text{coûts annuels de traitement des déchets} \\ \text{coûts annuels de traitement des matières recyclables} \\ \text{coûts annuels de traitement des matières organiques} \end{matrix}$$

5.1 L'équation de calcul des coûts collectes

Les coûts de collecte (c_c) composent généralement la majeure partie des coûts annuels de la GMR pouvant atteindre jusqu'à 70 % du total (Di Maria et Micale, 2013). Pour établir une estimation des coûts de collecte et de transport d'une municipalité, deux modèles de calculs ont été adoptés; un pour les opérations de transport ($O_{transport}$) et l'autre pour les opérations de collecte ($O_{collecte}$). La comparaison des coûts réels aux coûts estimés offre un indice pour l'amélioration de la performance.

$$c_c = O_{transport} + O_{collecte}$$

Le modèle d'optimisation économique des opérations de transport (O_t) de Tanguay et al. (2016) inclut les coûts de transfert des matières résiduelles ($\$_{transfert}$) en plus des coûts de transport ($\$_{transport}$) (Tanguay, Glaus, Laforest, Villot, et Hausler, 2016).

$$O_{transport} = \$_{transport} + \$_{transfert}$$

Pour les instances où la matière est directement acheminée au centre de traitement, les coûts de transfert de la matière sont nuls ($\$_{transfert} = 0$). Le calcul des coûts de transport direct utilise la distance de la municipalité au site de traitement ou au site de transfert (D_{km}), le prix du carburant par litre ($P_\$$), la consommation de carburant du camion (β), le taux horaire du camion incluant la maintenance et le salaire de l'opérateur à l'heure (T_h), la vitesse moyenne de conduite (V), et le ratio de charge (α) qui est la masse annuelle de la matière collectée (M_a) sur la capacité de charge du camion de collecte (M_c) (Tanguay, Glaus, Laforest, Villot, et Hausler, 2016).

$$\$_{transport} = \sum P_{\$} * \beta * \alpha * D_{km} + T_h * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right)$$

Tableau 5.1 Paramètres de l'équation de calcul de coût

P_{\$}	β	T_h	V	α
\$/Litre	Litre/km	\$/heure	Km/heure	M _a /M _c

La présence d'un centre de transfert ajoute une seconde portion à ce calcul avec quelques modifications. Le centre de transfert divise la distance en deux sections, soit la distance moyenne de la source au centre de transfert (D_{km}) et la distance entre le centre de transfert au site de traitement (D_{tr}). Dans le cas de la consommation de carburant (β) et du ratio de charge (α), les ajouts de β_{tr} et α_{tr} adressent le changement de transport qui part du centre de transfert au site de traitement avec des charges plus lourdes. Le ratio de charge (α_{tr}) est alors calculé selon la masse annuelle de la matière du contenant de transfert (M_{atr}) et la capacité de charge du camion de transfert (M_{ctr}) (Tanguay, Glaus, Laforest, Villot, et Hausler, 2016).

$$\$_{transport} = \sum P_{\$} * \beta * \alpha * D_{km} + T_h * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right) + \sum P_{\$} * \beta_{tr} * \alpha_{tr} * D_{tr} + T_{h-tr} * \left(\frac{D_{tr} * \alpha_{tr}}{V_{tr}} \right)$$

Le centre de transfert occasionne aussi des dépenses opérationnelles qui sont prises en compte par la deuxième partie du calcul du coût total. Le modèle d'optimisation prend en compte les dépenses d'électricité et de maintenance (E_m), de même que le salaire des opérateurs (S_o) (Tanguay, Glaus, Laforest, Villot, et Hausler, 2016).

$$\$_{transfert} = \left(E_m + S_o * \frac{\alpha_{tr}}{M_{atr}} * M_{ctr} \right)$$

Le calcul de coût des opérations de collecte ($O_{collecte}$) est basé sur le modèle de Tanguay et al. (2017) et utilise des éléments communs au calcul de coût des opérations de transport. Les valeurs de certains éléments varient dû aux différences des opérations, soit la consommation de carburant durant la collecte (β_c), la vitesse de conduite durant la collecte (V_c), et la distance parcourue durant la collecte (D_c) qui réfère au kilométrage de rues couvert annuellement.

$$O_{collecte} = \left(\beta_c * P_{\$} + \frac{T_h}{V_c} \right) * D_c$$

5.2 Les paramètres de calcul

Pour atteindre une estimation de coûts, certains paramètres ont été préalablement fixés par l'entremise de recherches documentaires exhaustive sur les sujets.

5.2.1 Le prix moyen (P_s)

Le prix moyen du diesel a été établi à 56,21 cents par litre. Ce prix est la moyenne annuelle de 2020 des prix de diesel en vrac pour les villes de Gatineau, Halifax, Montréal, Ottawa, Québec et Sherbrooke (Ressources naturelles Canada, s. d.).

5.2.2 La consommation de carburant (β)

La consommation de carburant doit prendre en compte les spécifications du camion de collecte, le cycle de collecte, les déplacements urbains, les déplacements sur l'autoroute et le poids des matières collectées. L'analyse de performance des camions de collecte manuelle surnommés les *Packer* de la Ville de Hamilton en Ontario démontre une consommation moyenne de 1,35 litre par kilomètre pour les opérations de collecte (Nguyen et Wilson, 2010). Dans le cas d'un camion de collecte latérale, la consommation moyenne est de 1,25 litre par kilomètre pour les mêmes activités, soit le déplacement urbain et la collecte (Sandhu, Frey, Bartelt-Hunt, et Jones, 2016). La consommation de carburant pour les opérations de transport est rapportée à être de 0,46 litre par kilomètre pour un camion de collecte arrière et de 0,49 litre par kilomètre pour un camion de collecte latérale (Nguyen et Wilson, 2010) (Sandhu, Frey, Bartelt-Hunt, et Jones, 2016). La consommation moyenne pour toutes les activités est de 0,96 litre par kilomètre pour les camions de collecte arrière et de 0,83 litre par kilomètre pour les camions de collecte latérale (Nguyen et Wilson, 2010) (Sandhu, Frey, Bartelt-Hunt, et Jones, 2016). Des camions de type roll off ont été choisis comme option pour le transfert de la matière dans le calcul des coûts de transport. La consommation moyenne pour ces derniers est de 0,38 litre par kilomètre (β_{tr}) (Sandhu, Frey, Bartelt-Hunt, et Jones, 2015).

5.2.3 Le ratio de charge (α)

Pour déterminer le ratio de charge il est nécessaire d'examiner les caractéristiques des équipements de collecte et de transport. Plusieurs équipements ont été répertoriés à l'annexe 1 pour avoir des données concrètes sur les poids, des capacités de charges des camions de collecte (M_c), et des capacités de charges des camions de transfert (M_{ctr}). Pour atteindre une moyenne de la capacité de charge (M_c), le poids des bennes a été soustrait du *payload* des camions de collecte. Puis, le poids de compaction maximal a été

déterminé pour chaque benne de collecte. Ensuite, le poids le moins élevé entre le poids de compaction et le *payload* a été retenu pour chaque combinaison de camions, bennes et contenants. Ainsi, la capacité de charge moyenne des camions à chargement arrière est de 8,26 tonnes, la capacité de charge moyenne des camions à chargement latéral est de 8,79 tonnes. La simple soustraction du poids des contenants de type roll-off au *payload* des camions de type roll off donne une moyenne de capacité de charge des camions de transfert (M_{ctr}) de 18,51 tonnes.

5.2.4 Les paramètres à caractère variable

Le poids annuel des matières résiduelles (M_a), la distance entre la municipalité et le centre de traitement (D_{km}) ou de transfert (D_{tr}), et la distance parcourue pour la collecte (D_c) sont des données spécifiques pour chaque municipalité qui seront entrées lors de l'application de la formule.

5.2.5 Le taux horaire de la collecte (T_h)

Le taux horaire de la collecte intègre le salaire des camionneurs, le besoin d'un deuxième travailleur, le travail administratif, les coûts de nettoyage et de maintenance des camions, ainsi que les coûts de remplacement des camions. L'étude de l'analyse financière de la Ville de Idaho Falls et l'évaluation de la gestion des matières résiduelles de la Ville de Santa Fe aux États-Unis offrent des détails sur plusieurs de ces éléments.

La moyenne des coûts de maintenance annuelle pour les camions de collecte de ces villes est de 19 506 USD (24 401 CAD) et la moyenne pour les camions de transfert de type roll-off et base inclinable est de 14 083 USD (17 617 CAD) (Leidos Engineering, LLC, 2014) (SCS ENGINEERS, 2014). Le coût moyen annuel attribué au remplacement d'un camion de collecte est de 22 390 USD (29 260 CAD) et de 13 500 USD (16 888 CAD) pour un camion de transfert (Leidos Engineering, LLC, 2014) (SCS ENGINEERS, 2014). La différence de prix de remplacement est associée en partie au prix d'achat du camion et à leur espérance de vie. L'analyse d'Idaho présente un prix d'achat moyen de 137 000 USD (172 125 CAD) pour un camion de collecte à chargement arrière avec un remplacement prévu après 6 à 8 ans et de 113 000 USD (141 972 CAD) pour un camion à base inclinable avec un remplacement prévu après 11 à 12 ans (SCS ENGINEERS, 2014).

L'évaluation du système de recyclage de la Ville de Timmins, Ontario, offre des données pertinentes au contexte canadien. Cette évaluation confirme qu'un remplacement de camion de collecte devrait être prévu après 5 à 7 ans, mais certains de leurs camions opèrent depuis plus de 15 ans (AECOM Canada Ltd.,

2009a). Il est à noter que les dépenses de maintenance des camions augmentent avec l'âge. Le coût moyen de maintenance en 2007 pour les camions de collecte fabriqués en 1991-1994 était de 50 406 \$ comparativement au coût moyen des camions de collecte de 2002-2005 qui était de 26 357 \$ (AECOM Canada Ltd., 2009a). De plus, le prix d'achat d'un camion neuf à chargement arrière est estimé entre 180 000 \$ et 200 000 \$ et un camion à chargement latéral automatisé est estimé entre 280 000 \$ et 300 000 \$ (Tetra Tech Canada Inc, 2018) (AECOM Canada Ltd., 2009a).

Basée sur les données du logiciel de gestion des entrepreneurs, l'utilisation annuelle moyenne d'un camion de collecte est de 2000 heures par an (Lagneau, 2018). L'utilisation calculée par Lagneau (2018) assume des opérations de collecte sur 251 jours par an résultant à 7,97 heures par jour. Une utilisation similaire est observée à Hamilton, Ontario, où la collecte la plus longue de la semaine prend 8,7 heures dû majoritairement à une superficie de collecte trois fois plus grande que la deuxième plus grande (Wilson, Agar, Baetz, et Winning, 2007). Le temps d'utilisation moyen des camions de collecte pour la semaine est approximativement 6,9 heures (Wilson, Agar, Baetz, et Winning, 2007).

Pour ce qui est des employés, le salaire annuel d'un chauffeur de camion de collecte est généralement de 45 000 \$/an, soit 22 \$/h (GFL Environmental, s. d.a) (PayScale, s. d.). Dans le cas d'un camion roll-off, le salaire de départ approche une moyenne de 47 000 \$/an, soit 23 \$/h (GFL Environmental, s. d.b) (Bisson Conteneurs, s. d.) (Sanimax, s. d.). Le salaire moyen canadien d'un aide-éboueur est autour de 43 000 \$/an, soit 21 \$/h (Talent, s. d.) (MaxSys-Québec, s. d.).

La dernière information composante du taux horaire est le coût administratif. Ce dernier est difficile à estimer, car sa composition peut varier et peu de données sont disponibles. Alors, le coût administratif est basé sur les informations récupérées à partir de l'analyse de la Ville de Idaho Falls aux États-Unis. Le coût administratif incluant notamment le salaire des employés administratifs et du superviseur de flotte, les bénéfices des employés, les assurances, les fournitures variées, et l'entretien des lieux composent environ 35 % des dépenses d'opérations de GMR de la ville (SCS ENGINEERS, 2014). Comparativement, les salaires des camionneurs et des aides-éboueurs forment 27 % de ces dépenses (SCS ENGINEERS, 2014). Ainsi, il est possible de présumer les coûts administratifs approximatifs de la GMR en divisant les coûts administratifs par les salaires des éboueurs.

Grâce aux informations récoltées, le taux horaire peut être calculé en utilisant la simple formule suivante :

$$T_h = \left(\frac{(\text{maintenance annuel} + \text{remplacement})}{\text{nombres d'heures d'opérations}} \right) + \text{salaire horaire} + \text{dépenses admin horaire}$$

Dans le cadre de cet essai, le coût de maintenance pour un camion de collecte est établi à 33 700 \$; la moyenne des coûts des États-Unis, des coûts canadiens de camions de moins de 5 ans, et des coûts canadiens de camions de plus de 10 ans. Le coût de remplacement est basé sur la limite supérieure du prix d'achat et de la durée de vie. Alors, un camion à chargement latéral de 300 000 \$ amorti sur une période de 8 ans coûte 37 500 \$ et un camion à chargement arrière de 200 000 \$ amorti sur une période de 8 ans coûte 25 000 \$ annuellement. Le salaire horaire pour un camion de collecte arrière doit additionner le salaire d'un aide-éboueur, soit 43 \$/h. Pour approximer les dépenses administratives, le ratio de 35 % sur 27 % est utilisé pour la multiplication du salaire horaire moyen de la flotte de la Ville de Idaho Falls. La flotte est composée de 7 camions de collecte commerciale $\left(7 * \frac{22 \$}{h}\right)$, 8 camions de collecte arrière pour le secteur résidentiel $\left(8 * \frac{22 \$ + 21 \$}{h}\right)$, et 4 camions de transfert $\left(4 * \frac{23 \$}{h}\right)$ dont la moyenne du salaire revient à 31,05 \$/h (SCS ENGINEERS, 2014).

$$\text{Camion de collecte arrière : } \left(\frac{(33\,700 + 25\,000)}{2\,000} \right) + 22 + 21 + \left(31,05 * \left(\frac{35}{27} \right) \right) = 112,06 \$/h$$

$$\text{Camion de collecte latérale : } \left(\frac{(33\,700 + 37\,500)}{2\,000} \right) + 22 + \left(31,05 * \left(\frac{35}{27} \right) \right) = 97,85/h$$

L'ajout d'un site de transfert au système de gestion de la matière résiduelle d'une municipalité est accompagné de frais d'opération et maintenance. L'analyse du site de transfert de Cochrane en Ontario offre un aperçu des coûts d'opération. Leur total annuel de 44 448 \$ pour une gestion de 477 tonnes inclut l'essence, la maintenance du camion, l'administration du site, les opérations de chargement, la supervision et la maintenance générale du site (EBA Engineering Consultants Ltd., 2013). Toutefois, les heures d'opérations de ce site sont limitées. Le superviseur du site est présent approximativement 8 heures par semaine, l'opérateur du *Loader* 6,25 heures par semaine, et un administrateur seulement 1 heure par semaine. Sous ces conditions, leur coût revient à 93 \$ par tonne (EBA Engineering Consultants Ltd., 2013). Le rapport d'évaluation du site de transfert de Timmins en Ontario compare les coûts d'un site de transfert traditionnel avec compaction à un site de transfert avec un système Transtor. Le rapport estime un investissement de 724 000 \$ pour la construction d'un nouveau site de transfert traditionnel et les coûts annuels d'opération à 141 737 \$ selon un salaire de 22 \$/h pour les opérateurs, un horaire régulier de 8 heures 261 jours par an, et l'inclusion des frais de maintenance et de remplacement des équipements (AECOM Canada Ltd., 2009a). Un site de transfert avec un système Transtor nécessite un investissement de 801 925 \$ pour sa construction et a un coût opérationnel annuel de seulement 4 960 \$ pour la maintenance du système, car il ne requiert pas de main-d'œuvre additionnelle (AECOM Canada Ltd.,

2009b). Basé sur un poids annuel de 2 700 tonnes de matières recyclables, le coût annuel d'un site de transfert traditionnel amorti sur 20 ans est de 180 437 \$ et de 58 422 \$ pour un site avec un système Transtor amorti sur 15 ans, soit 67 \$ par tonne et 22 \$ par tonne respectivement (AECOM Canada Ltd., 2009b). Le rapport inclut aussi les coûts de transport entre la Ville de Timmins et différents centres de traitement des matières recyclables. Les prix de transport rapportés sont de 990 \$ par voyage au centre de Sudbury au taux de 66 \$ par tonne, 2 674 \$ par voyage à la région de Guelph au taux de 178 \$ par tonne, et de 2 420 \$ par voyage au taux de 161 \$ par tonne (AECOM Canada Ltd., 2009a). En divisant le prix du voyage par le taux pour chacune des destinations, on constate que tous les camions ont une charge approximative de 15 tonnes par voyage. Informé de la distance entre Timmins et la destination des camions de transfert, il est aussi possible de calculer le tarif par kilomètre pour chacune des destinations. Le tarif moyen de transfert est de 3,47 \$ par kilomètre basé sur les coûts de voyages au centre de Sudbury situé à 304 kilomètres de Timmins, à la région de Guelph située à 747 kilomètres, et à la région de York à 676 kilomètres (AECOM Canada Ltd., 2009a).

Comparativement, la province de Québec est bien moins dispendieuse. Le rapport d'analyse de l'implantation d'un poste de transbordement des matières résiduelles sur l'Île de Montréal calcule un coût moyen opérationnel de 4,94 \$ par tonne à partir des données des cinq sites de transbordement utilisés par l'Île de Montréal (Dessau-Soprin Inc., 2005). Le rapport considère un coût d'immobilisation de 27 256 000 \$ pour un nouveau site et prévoit recevoir 450 000 tonnes de matières annuellement (Dessau-Soprin Inc., 2005). Le coût d'opération annuel, incluant l'immobilisation, est de 4 260 000 \$, soit un tarif de 9,47 \$ par tonne pour l'opération (Dessau-Soprin Inc., 2005). À l'aide des données présentes dans le rapport, le coût de transport moyen entre les sites de transbordement et les LET peut être calculé à 356,81 \$ par voyage au taux de 13,21 \$ par tonne pour les sites en opération et à 360,57 \$ par voyage au taux de 13,35 \$ par tonne pour le site anticipé (Dessau-Soprin Inc., 2005). La Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles des MRC de La Matapédia et de La Mitis [RITMR Matapédia-Mitis] opère un centre de transfert à la Ville de Mont-Joli au taux de 16,09 \$ par tonne incluant le transport au site de traitement (MRC de La Matapédia, 2016). Le parc éco-industriel Valoris situé à Bury charge une somme de 20,60 \$ par tonne pour le transbordement et le transport au site de traitement (Valoris, s. d.). Les camions de collecte de la MRC d'Abitibi-Ouest sont dirigés au Centre de valorisation des matières résiduelles en vue de leur transbordement dans des camions plus volumineux (MRC du Granit, 2016). Le transbordement et transport des résidus ultimes au LET de Multitech Environnement à Rouyn-Noranda sont effectués au taux de 20,54 \$ par tonne. Les mêmes opérations pour les matières recyclables acheminées au centre de tri de Gatineau sont effectuées au taux de 101,27 \$ par tonne (MRC du Granit,

2016). La distance parcourue est de 88 kilomètres du centre de valorisation au LET et de 593 kilomètres du centre de valorisation au centre de tri (Google, s. d.). Il est alors possible de calculer un tarif de 23,34¢ par kilomètre pour les résidus ultimes et de 17,08¢ par kilomètre pour les matières recyclables.

5.2.6 La vitesse moyenne (V)

La vitesse moyenne de conduite est le dernier paramètre qui est prédéfini pour le calcul des coûts de collecte et de transport. Les opérations de collecte sont effectuées en moyenne à 13,10 km/h et les opérations de transport à 66,55 km/h (Sandhu, Frey, Bartelt-Hunt, et Jones, 2016) (Wilson, Agar, Baetz, et Winning, 2007). La vitesse moyenne d'un camion de transfert de type roll off est de 82,92 km/h (Sandhu, Frey, Bartelt-Hunt, et Jones, 2015).

5.3 Modifications aux équations de calcul des coûts de collectes et de transports

La portion dédiée aux dépenses opérationnelles du site de transfert a été combinée pour former un nouveau paramètre qui reflète les frais de transbordement par tonnes (T_t). Les frais de transbordements par tonnes ont été fixés à 8,69 \$ par tonnes.

$$O_{transport} = \$_{transport} + \$_{transfert}$$

$$\$_{transport} = \sum P_{\$} * \beta * \alpha * D_{km} + T_h * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right)$$

$$\$_{transfert} = \sum P_{\$} * \beta_{tr} * \alpha_{tr} * D_{tr} + T_{h-tr} * \left(\frac{D_{tr} * \alpha_{tr}}{V_{tr}} \right) + (T_t * M_a)$$

Des adaptations aux réalités du domaine de la GMR municipales ont aussi été prises en compte pour les opérations de collecte. Théoriquement, une flotte composée entièrement de camions de collecte latérale est plus avantageuse dû à un taux horaire moins élevé. Toutefois, l'intégration de camions de collecte arrière est nécessaire pour les résidus domestiques de grande taille, tels que des meubles. Bien sûr, une municipalité peut prendre la décision d'interdire entièrement la collecte de ce type de résidus et demander à ses citoyens d'acheminer ces déchets directement à l'écocentre, mais ce n'est généralement pas de cas. Ainsi, le premier camion pour les opérations de collecte doit être un camion de collecte arrière et ces derniers doivent composer une proportion minimale de 20 % des opérations de collecte. La composition de la flotte est alors calculée à l'aide du ratio de charge (α) des camions et la proportion minimale déterminée dans le cadre de cet essai.

En utilisant un ratio de charge conservateur de 8 tonnes et un horaire de collecte qui inclue une décharge des matières résiduelles, le nombre de camions nécessaires (CAM_N) est calculé en arrondissant le poids hebdomadaire de matières résiduelles à la hausse sur des intervalles de 16 tonnes. La composition de la flotte est déterminée selon le nombre de camions nécessaires. Le nombre de camions de collecte arrière (CAM_a) de la flotte est calculé en arrondissant à la hausse la proportion minimale de 20 % du nombre de camions nécessaires à l'unité près. Le nombre de camions à chargement latéral (CAM_l) est déterminé en arrondissant à la baisse la proportion maximale de 80 % du nombre de camions nécessaires à l'unité près.

$$CAM_N = \frac{CEILING(Tonnage, 16)}{16}$$

$$CAM_a = \lceil (0.2 * CAM_N) \rceil \text{ ou } CAM_a = ROUNDUP((0.2 * CAM_N), 0)$$

$$CAM_l = \lfloor (0.8 * CAM_N) \rfloor \text{ ou } CAM_l = ROUNDDOWN((0.8 * CAM_N), 0)$$

Le tableau suivant démontre un extrait des résultats produits :

Tableau 5.2 Calculs de la distribution des camions nécessaires selon le poids

CAM_N	Poids	Arrondi	CAM_a	CAM_l	% CAM_a	% CAM_l
1	5	16	1	0	100 %	0 %
2	17	32	1	1	50 %	50 %
3	35	48	1	2	33 %	67 %
4	53	64	1	3	25 %	75 %
5	72	80	1	4	20 %	80 %
6	82	96	2	4	33 %	67 %
7	111	112	2	5	29 %	71 %
8	120	128	2	6	25 %	75 %
9	137	144	2	7	22 %	78 %
10	148	160	2	8	20 %	80 %
11	172	176	3	8	27 %	73 %
12	188	192	3	9	25 %	75 %
13	200	208	3	10	23 %	77 %
14	223	224	3	11	21 %	79 %

Dans l'éventualité où l'analyse est appliquée sur un grand territoire dont la collecte des voies est divisée en secteurs, un paramètre additionnel doit être ajouté. La division de la région en plusieurs secteurs

permet de distribuer la collecte d'une voie à travers la semaine et réduire le nombre de camions nécessaires. Cette distribution est représentée par l'ajout d'une opération *CEILING* additionnelle arrondie au chiffre entier le plus près.

$$CAM_N = CEILING \left(\frac{\left(\frac{CEILING \left(\frac{tonnage\ annuel}{52}, 16 \right)}{16} \right)}{5}, 1 \right)$$

Les régions qui ont une collecte aux deux semaines doivent distribuer le poids sur 26 semaines plutôt que 52 semaines, mais leurs opérations sont distribuées sur 10 jours plutôt que 5 jours. Alors, les résultats de la redistribution du poids et des jours d'opérations sont égaux aux résultats des camions nécessaires pour des collectes hebdomadaires.

L'alternance entre les camions de collecte arrière et de collecte latérale n'est pas nécessaire pour les collectes de matières recyclables et de matières organiques, car les résidus résidentiels générés de natures organiques ou recyclables sont généralement de petite taille. Alors, l'approximation des coûts de collecte considère seulement les camions de collecte latérale pour ces deux voies.

En raison des différences des taux horaires entre les types de camions de collecte et à la distribution de kilométrage attribué aux camions, les opérations de collecte sont calculées en deux parties pour refléter ces différences.

$$O_{collecte} = O_{collecte\ arrière} + O_{collecte\ latérale}$$

Une deuxième altération aux opérations de collecte a été faite sous forme d'un ajout du nombre de collectes annuel (N_c). L'équation initiale calcule seulement le prix de la collecte pour une semaine, alors cette deuxième adaptation permet de déterminer le prix annuel des opérations de collecte. La disposition idéale du nombre de collectes organise une collecte aux deux semaines des résidus ultimes et des matières recyclages, et une collecte organique hebdomadaire durant la période chaude et aux deux semaines durant la période froide de l'année, soit du mois d'avril à novembre et de décembre à mars respectivement. Sous cette configuration, le nombre de collectes envisagé est de 26 pour les ordures ménagères, de 26 pour la collecte sélective, et de 36 pour les matières organiques. L'équation de calcul a été reformulée pour inclure cette altération.

$$O_{collecte\ arrière} = \left(\left(\left(\beta_c * P_{\$} + \frac{T_{ha}}{V_c} \right) * (D_c * \% CAM_a) \right) N_c \right)$$

$$O_{collecte\ latérale} = \left(\left(\left(\beta_c * P_{\$} + \frac{T_{hl}}{V_c} \right) * (D_c * \% CAM_l) \right) N_c \right)$$

5.4 Équation modifiée pour les coûts de collectes et de transports

Les coûts de collecte et de transport sont calculés à partir des opérations de transport et de collecte, tels que présentés antérieurement.

$$c_c = O_{transport} + O_{collecte}$$

$$O_{transport} = \$_{transport} CAM_a + \$_{transport} CAM_l + \$_{transfert}$$

$$O_{collecte} = O_{collecte\ arrière} + O_{collecte\ latérale}$$

L'équation complète intégrant les cinq opérations et les modifications apportées est présentée ci-dessous :

$$c_c = \left(\left(\left(\sum P_{\$} * \beta_a * \alpha * D_{km} + T_{h-a} * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right) \right) * \% CAM_a \right) \right. \\ + \left(\left(\sum P_{\$} * \beta_l * \alpha * D_{km} + T_{h-l} * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right) \right) * \% CAM_l \right) \\ + \left(\left(\sum P_{\$} * \beta_{tr} * \alpha_{tr} * D_{tr} + T_{h-tr} * \left(\frac{D_{tr} * \alpha}{V_{tr}} \right) \right) + (T_t * M_a) \right) \\ + \left(\left(\left(\left(\beta_{ca} * P_{\$} + \frac{T_{h-a}}{V_c} \right) * (D_c * \% CAM_a) * N_c \right) \right. \right. \\ \left. \left. + \left(\left(\beta_{cl} * P_{\$} + \frac{T_{h-l}}{V_c} \right) * (D_c * \% CAM_l) \right) * N_c \right) \right)$$

5.5 Les coûts de traitements

Les trois voies des matières résiduelles étudiées ont chacune un coût de traitement (**c_t**) différent selon la technique et la technologie utilisée. Dans le cadre de cet essai, les techniques de traitement les plus

utilisées au Québec ont été observées pour la détermination du prix optimal de traitement. Le traitement des matières recyclables est associé au coût de triage, le compostage est le moyen favorisé pour les matières organiques, et les résidus ultimes sont presque exclusivement enfouis. En raison du peu de données disponibles sur la distribution des finances et sur les opérations de traitement des entreprises, les informations sur les coûts des traitements ont été déduites à partir des informations récoltées auprès de certaines municipalités. Il est important de souligner que les valeurs associées aux coûts de traitement rapportés varient avec l'évolution du marché, le temps et la capacité de traitement.

Débutant par la voie de l'élimination, les données de la collecte et le transport récoltées pour enfouissement excluent les montants de la redevance du ministère. Les premières valeurs observées sont celles de la MRC de Rimouski-Neigette où l'enfouissement est effectué au LET de la Ville de Rimouski. Les tarifs fixes d'enfouissement pour cinq des neuf municipalités de la région étaient de 80 \$/T en 2013 et de 88 \$/T en 2015 (MRC de Rimouski-Neigette, 2017). Adjacente à la MRC de Rimouski-Neigette, la RITMR Matapédia-Mitis envoyait ses déchets voués à l'élimination au LET de Rivière-du-Loup à un taux de 68,50 \$/T (MRC de La Matapédia, 2016). Le tarif de l'enfouissement au LET de Rivière-du-Loup a augmenté à 76 \$/T en 2019 et 89 \$/T en 2020 (RITMR Matapédia-Mitis, 2021). La RITMR Matapédia-Mitis a entrepris des démarches d'implantation d'un centre multiplateforme qui servira de LET, de plateforme de compostage, d'écocentre (RITMR Matapédia-Mitis, 2021). Une fois en opération en 2025, le tarif de l'enfouissement anticipé est approximativement 82.26 \$/T (RITMR Matapédia-Mitis, 2021). À l'extrémité opposée de la province, la MRC d'Abitibi-Ouest détient un coût de traitement de 64 \$/T en 2015 (Forcier et Gravel, 2016). Le contrat pour l'élimination de 2015 était de conclu à 4,85M \$ pour la gestion de 1 100 tonnes par an pour 5 ans (SEAO, 2015). Un contrat similaire de 5 ans a été signé en 2019 pour la gestion de 1 100 tonnes (SEAO, 2019). Puisque les portions des montants de la redevance à l'élimination et des taxes incluses au contrat sont connues, il est possible d'estimer un coût par tonne à 65.88 \$/T pour 2019 (SEAO, 2019). Le plus récent rapport de la CMM présente une moyenne des dépenses d'élimination sous la gestion municipale de 46,27 \$/T en 2016, 44,34 \$/T en 2017, et 47,74 \$/T en 2018 (Chamard, 2020). La MRC de D'Autray a généré 18 774 tonnes d'ordures ménagères en 2014 qui ont été collectées et enfouies au site de Saint-Thomas pour le prix total de 2,82M \$. La soustraction de la proportion de 55 % dédiée à la collecte et du montant de 437 033 \$ dédié à la redevance permet de calculer un coût d'élimination de 44,35 \$/T (MRC de D'Autray, 2016). Selon le plan de gestion des matières résiduelles de la MRC du Granit de 2016, la majorité de leurs résidus ultimes sont acheminés au site de Valoris à Bury (MRC du Granit, 2016). Le contrat de 5 ans pour une disposition à 60 \$/T est échu le 31 décembre 2016 (MRC du Granit, 2016). Le tarif pour la gestion des matières résiduelles résidentielles, excluant les redevances, est de 92 \$/T

cette année (Valoris, s. d.). Un tarif de 54,55 \$/T pour l'élimination a pu être identifié pour la région de Roussillon avec l'aide du directeur du service de la GMR de la MRC de Roussillon (N. Chaput, échange par courriel, 28 avril 2021).

La seconde voie de gestion examinée est la collecte sélective. La MRC de Rimouski-Neigette a octroyé le contrat de tri et conditionnement à Gaudreau Environnement qui a traité près de 5 395 tonnes de matières recyclables à un coût de 35,27 \$/T en 2013 (MRC de Rimouski-Neigette, 2017). La RITMR Matapédia-Mitis a conclu une entente de 10 ans avec Group Bouffard inc. en 2014 pour le traitement des matières recyclables à un tarif de 54 \$/T indexé annuellement. Le centre de tri situé dans la Ville de Mont-Joli traitait en moyenne 4 400 tonnes provenant de la RITMR en 2014 sur une capacité de 28 000 tonnes (MRC de La Matapédia, 2016). Dans le cas de la MRC d'Abitibi-Ouest, les matières recyclables collectées sont acheminées à une installation de Tricentris à Gatineau où elles sont traitées à un taux de 16,77 \$/T en 2015 (Forcier et Gravel, 2016). Ce taux de traitement modique est confirmé par un communiqué de la Ville de Gatineau sur la réduction du tarif de traitement passant de 25 \$/T à 8 \$/T grâce à son partenariat avec Tricentris (Ville de Gatineau, 2012). De plus, le tarif de traitement de la CMM en 2012 est similaire aux tarifs précédents à 13,37 \$/T (CMM, 2017). En 2014, à l'exception de la Municipalité de Lanoraie, le tri et le conditionnement des matières recyclables issues de la MRC de D'Autray sont effectués au centre de tri Nord Ben situé à Joliette au taux de 56,94 \$/T (MRC de D'Autray, 2016). L'ensemble des matières recyclables de la MRC du Granit sont envoyées à Récupération Frontenac inc. à Thetford Mines (MRC du Granit, 2016). La MRC de Roussillon, quant à elle, a un coût de traitement des matières recyclables de 99,40 \$/T (N. Chaput, échange par courriel, 28 avril 2021).

La recherche sur les coûts de traitement se termine avec la dernière voie de collecte explorée dans cet essai : le traitement des matières organiques. Plus de 500 municipalités au Québec assurent la récupération des résidus verts et des résidus alimentaires des résidences sur leurs territoires (RECYC-QUÉBEC, 2020). Le traitement des matières organiques est principalement effectué par le compostage en raison de sa simplicité d'opération et d'entretien, sa technologie plus flexible et son coût moins élevé (Desjardinet Forcier, 2007). Cette observation est reflétée par la comparaison entre le nombre de sites de compostage et le nombre de sites de biométhanisation existants et prévus. Le territoire québécois compte 41 sites de compostage existants avec 11 sites supplémentaires planifiés comparativement à 3 sites de biométhanisations existants et 4 autres planifiés (RECYC-QUÉBEC, s. d.c). L'exploitation du site de compostage de la Ville de Rimouski, conçu pour desservir l'ensemble de la MRC de Rimouski-Neigette, a débuté le 16 septembre 2013. À la fin de 2014, les trois plus grandes municipalités de la MRC ont adopté le service. En dépit de l'écart du prix de traitement entre les municipalités de Saint-Narcisse-de-Rimouski

à 255,04 \$/T, Saint-Anaclet-de-Lessard à 172,77 \$/T, et Rimouski à 150,86 \$/T, la moyenne calculée est de 192,89 \$/T pour la MRC selon les données de 2014 (MRC de Rimouski-Neigette, 2017). La gestion des matières organiques de la RITMR Matapédia-Mitis est contractuellement liée à l'enfouissement des résidus ultimes au LET de la Ville de Rivière-du-Loup. Le contrat d'enfouissement est conditionnel à l'envoi des matières organiques du territoire à l'usine de biométhanisation de la Société d'économie mixte en énergie renouvelable [SÉMER] de Rivière-du-Loup (RITMR Matapédia-Mitis, 2021). Le coût de traitement des matières organiques à l'usine était de 83,84 \$/T en 2015 et de 142,4 \$/T en 2020 (MRC de La Matapédia, 2016) (RITMR Matapédia-Mitis, 2021). La plateforme de compostage au centre de traitement multiplateforme permettra de diminuer le coût à 92,26 \$/T (RITMR Matapédia-Mitis, 2021). La seule collecte de matière organique effectuée jusqu'en 2021 à la MRC d'Abitibi-Ouest est la collecte de sapins de Noël une fois par année (Ville de La Sarre, s. d.) (Forcier et Gravel, 2016). Du côté de la CMM, le traitement de la collecte organique coûtait 110 \$/T en 2012. À la publication de son plan de gestion des matières résiduelles en 2016, seule la Ville de Saint-Gabriel bénéficiait d'une collecte porte-à-porte de matières organiques sur le territoire de la MRC de D'Autray (MRC de D'Autray, 2016). Depuis, une entente de traitement a été conclue avec EBI Environnement inc. pour le compostage des matières collectées dans cinq des neuf municipalités de la MRC en 2018, et toutes les municipalités de la MRC en 2019 (SEAO, 2018). Le contrat conclu à 656 047.35 \$ prévoit le traitement de 7 000 tonnes sur 5 ans égalant un taux de 93.72 \$/T (SEAO, 2018). Pionnière dans le domaine, la Ville de Lac-Mégantic offre une collecte porte-à-porte de matières organiques depuis 2006 (MRC du Granit, 2016). En 2015, les résidus organiques acheminés à l'écocentre étaient traités au taux de 38 \$/T, plus un 7 \$/T additionnel pour les rejets de tamisage éliminés par enfouissement (MRC du Granit, 2016). Toutefois, elle est la seule municipalité de la MRC du Granit offrant ce service en 2016. Les coûts de traitement des résidus domestiques organiques de la MRC de Roussillon sont traités par compostage au taux de 84 \$/T (N. Chaput, échange par courriel, 28 avril 2021).

5.6 L'équation de calcul du coût annuel de traitement

Le calcul du coût annuel de traitement est la somme des coûts annuels pour chacun des traitements.

$$c_t = \sum \left(\begin{array}{l} \text{coûts annuels de traitement des déchets} \\ \text{coûts annuels de traitement des matières recyclables} \\ \text{coûts annuels de traitement des matières organiques} \\ \text{coûts annuels de traitement de collectes autres} \end{array} \right)$$

Les valeurs attribuées à chacune des voies sont formées par la moyenne des taux de traitement présentée dans la section précédente multipliée par le tonnage annuel. Le taux moyen de traitement, est de

64,03 \$/T pour l'élimination, de 44,06 \$/T pour le recyclage, et de 101,81 \$/T pour le compostage. Dans le cas de l'élimination, deux ajouts ont été inclus au coût annuel. En raison d'une plus grande disponibilité de données, il a été possible d'intégrer une augmentation annuelle moyenne de 10 % au taux d'enfouissement pour établir un traitement à 70,20 \$/tonne. L'autre ajout est le montant de la redevance établie à 23,75 \$/T en 2021. Ainsi, l'équation de calcul est la suivante :

$$c_t = \sum \left(\begin{array}{c} ((64.03 * 1.10) + 23.75) * M_a \\ 44.06 * M_a \\ 101.81 * M_a \end{array} \right)$$

6. ANALYSE

La première étape de l'analyse de performance est de récolter les données sur la population, la superficie du territoire, le kilométrage des rues couvert, et le total des coûts annuels de la gestion des trois voies de collectes de la municipalité étudiée. Avec ces informations, l'équation suivante peut être appliquée pour déterminer la performance de la municipalité :

$$\text{Équation : Performance} = \frac{1000kd(hc + p^2)}{c^2p}$$

Cependant, le résultat de ce calcul n'est qu'un chiffre arbitraire. Afin de donner une signification au résultat déterminé, il est nécessaire d'établir une performance de référence. Pour ce faire, les mêmes données invariables du nombre d'habitants (h) et des superficies (s et k) sont intégrées dans une deuxième équation de performance présentée de façon développée dans le suivant :

$$\text{Performance de référence} = \left(\left(\left(\left(\frac{h}{p} \right) + \left(\frac{p}{c} \right) \right) * \left(\frac{k * 1000}{c} \right) \right) * \left(\frac{h}{s} \right) \right)$$

La valeur de la variable du poids est obtenue en utilisant l'information sur la population de la municipalité et le poids moyen québécois pour chacune des voies de gestions. La somme des multiplications de la population au poids moyen par habitant établi antérieurement, à 244,98 kilogrammes pour l'élimination, à 91,97 kilogrammes pour la collecte sélective, et à 148,20 kilogrammes pour les matières organiques, permet d'estimer le poids de référence.

$$\text{Poids de référence (tonnes)} = \frac{\begin{pmatrix} (h * 244,98) \\ \Sigma (h * 91,97) \\ (h * 148,20) \end{pmatrix}}{1000}$$

Élément central de cet essai, la dernière variable de coût annuel est estimée à l'aide d'une série de paramètres moyens retrouvés dans les sections précédentes et l'application des équations de calculs pour les opérations de collecte, les opérations de transport, et le coût annuel de traitement.

$$c = c_c + c_t$$

$$\begin{aligned}
c_c = & \left(\left(\left(\sum P_{\$} * \beta_a * \alpha * D_{km} + T_{h-a} * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right) \right) * \% CAM_a \right) \right. \\
& + \left(\left(\sum P_{\$} * \beta_l * \alpha * D_{km} + T_{h-l} * \left(\frac{D_{km} * \alpha}{V} \right) \right) * \% CAM_l \right) \\
& + \left(\left(\sum P_{\$} * \beta_{tr} * \alpha_{tr} * D_{tr} + T_{h-tr} * \left(\frac{D_{tr} * \alpha}{V_{tr}} \right) \right) + (T_t * M_a) \right) \Bigg) \\
& + \left(\left(\left(\left(\beta_{ca} * P_{\$} + \frac{T_{h-a}}{V_c} \right) * (D_c * \% CAM_a) \right) * N_c \right) \right. \\
& \left. \left(\left(\left(\beta_{cl} * P_{\$} + \frac{T_{h-l}}{V_c} \right) * (D_c * \% CAM_l) \right) * N_c \right) \right) \\
c_t = & \sum \begin{pmatrix} \text{coûts annuels de traitement des déchets} \\ \text{coûts annuels de traitement des matières recyclables} \\ \text{coûts annuels de traitement des matières organiques} \\ \text{coûts annuels de traitement de collectes autres} \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

Dans le cas de l'enfouissement, il faut déterminer le nombre de camions nécessaires et le ratio des camions de collectes arrière et de camions de collecte latérale pour la couverture du territoire avant l'application des équations ci-dessus. Ensuite, les coûts de collectes et de transport (c_c) sont le calculés par l'insertion des paramètres moyens prédéfinis, les masses annuelles moyennes (M_a), la distance parcourue pour la collecte (D_c), la distance moyenne entre la municipalité et le site de traitement ou le site de transfert (D_{km}), et la distance du site de transfert au site de traitement (D_{tr}) pour chacune des voies de collecte. Ainsi, le coût annuel moyen de chacune des trois voies peut être établi avec seulement les informations sur le nombre d'habitants et sur les distances.

L'estimation du coût annuel moyen de l'élimination réalisé en suivant les sept étapes suivantes :

1. *Poids de référence (tonnes)* = $\frac{h * 244.98}{1000}$
2. *Nombre de camions nécessaire* = $CAM_n = CEILING \left(\frac{CEILING \left(\left(\frac{M_a}{26} \right)^{.16} \right)}{10}, 1 \right)$
3. *Nombre de camions de collecte arrière* = $CAM_a = \lceil (0,2 * CAM_n) \rceil$
4. *Nombre de camions de collecte latérale* = $CAM_l = \lfloor (0,8 * CAM_n) \rfloor$

5. $\text{Coûts de collecte et de transport} = c_c = \left(\left(\left(\sum 0,5621 * 0,46 * \frac{M_a}{8,26} * D_{km} + 112,06 * \left(\frac{D_{km} * \frac{M_a}{8,26}}{66,55} \right) * \% CAM_a \right) + \left(\left(\sum 0,5621 * 0,49 * \frac{M_a}{8,79} * D_{km} + 97,85 * \left(\frac{D_{km} * \frac{M_a}{8,79}}{66,55} \right) * \% CAM_l \right) + \left(\left(\sum 0,5621 * 0,38 * \frac{M_a}{18,51} * D_{tr} + 23 * \left(\frac{D_{tr} * \frac{M_a}{18,51}}{82,92} \right) + (8,69 * M_a) \right) \right) + \left(\left(\left(1,35 * 0,5621 + \left(\frac{112,06}{13,10} \right) \right) * (D_c * \% CAM_a) \right) * N_c \right) + \left(\left(\left(1,25 * 0,5621 + \left(\frac{97,85}{13,10} \right) \right) * (D_c * \% CAM_l) \right) * N_c \right) \right) \right)$
6. $\text{Coûts de traitement} = c_t = ((64,03 * 1,10) + 23,75) * M_a$
7. $\text{Coût annuel moyen estimé} = c = c_c + c_t$

Les deux voies de collectes restantes ont moins d'étapes à suivre, car elles n'utilisent que des camions de collectes latérales. Les étapes suivantes permettent d'estimer le coût annuel moyen pour la collecte sélective, et sont répétées pour estimer le coût annuel moyen de la valorisation :

1. $\text{Poids de référence (tonnes) : collecte sélective} = \frac{h * 91,97}{1000}$
 $\text{valorisation} = \frac{h * 148,20}{1000}$ et
2. $\text{Coûts de collecte et de transport} = c_c = \left(\left(\sum 0,5621 * 0,49 * \frac{M_a}{8,79} * D_{km} + 97,85 * \left(\frac{D_{km} * \frac{M_a}{8,79}}{66,55} \right) * 1 \right) + \left(\left(\sum 0,5621 * 0,38 * \frac{M_a}{18,51} * D_{tr} + 23 * \left(\frac{D_{tr} * \frac{M_a}{18,51}}{82,92} \right) + (8,69 * M_a) \right) \right) + \left(\left(\left(1,25 * 0,5621 + \left(\frac{97,85}{13,10} \right) \right) * D_c \right) * N_c \right)$
3. $\text{Coûts de traitement} = c_t = ((64,03 * 1,10) + 23,75) * M_a$
4. $\text{Coût annuel moyen estimé} = c = c_c + c_t$

Il est à noter que le nombre de collectes annuel (N_c) optimal attribué est de 26 pour l'élimination, 26 pour le recyclage, et de 43 pour la valorisation.

6.1 MRC de Joliette

La première application de l'équation de performance est réalisée sur la MRC de Joliette. La MRC compte 70 376 habitants sur une superficie de 424,5 kilomètres carrés et sa superficie occupée s'étend sur 4 010 kilomètres de rues (MRC de Joliette, 2016) (M. Laquerre, échange courriel, 10 mai 2021). L'ensemble des municipalités sur le territoire ont produit 18 083,95 tonnes d'ordures ménagères, 7 130,87 tonnes de recyclables, et 9 988,89 tonnes de résidus organiques (M. Laquerre, échange courriel, 10 mai 2021). La gestion de ces 35 203,71 tonnes de matières résiduelles a coûté 5 601 611 \$ (M. Laquerre, échange courriel, 10 mai 2021). Avec ces informations, la performance de la MRC est calculée à 238.

$$Performance = \left(\left(\left(\left(\frac{70\,376}{35\,203,71} \right) + \left(\frac{35\,203,71}{5\,601\,611} \right) \right) * \left(\frac{4010 * 1000}{5\,601\,611} \right) \right) * \left(\frac{70\,376}{424,5} \right) \right) = 238,00$$

La performance moyenne comparative utilise les mêmes valeurs des variables à l'exception du coût et du poids moyen. La variable de poids est estimée à partir de la multiplication de la population par les poids moyens québécois. Le total des matières résiduelles moyen est de 34 142,92 tonnes, soit 17 240,71 pour l'élimination, 6 472,48 pour le recyclage, et 10 429,72 pour la valorisation. Dans le cadre de cet essai, l'estimation de la variable de coût nécessite la récolte d'information additionnelle sur les distances de transport plutôt que la simple multiplication du poids par les prix moyens de chaque voie de gestion.

Les matières générées sur le territoire de la MRC de Joliette sont acheminées directement au site de traitement et ne subissent aucun transbordement (M. Laquerre, échange courriel, 10 mai 2021). Les déchets et les matières organiques sont dirigés au LET et site de compostage de Dépôt Rive-Nord inc. situés au 1001, chemin Saint-Joseph dans la ville de Saint-Thomas à 21 kilomètres du centre du territoire de la MRC (MRC de Joliette, 2016). Les matières issues de la collecte sélective sont traitées au centre de tri du groupe EBI Environnement inc. au 1481, rue Raoul-Charrette à Joliette à 11 kilomètres du centre du territoire de la MRC.

À l'aide des informations additionnelles, les coûts de transport peuvent être adéquatement estimés et additionnés aux coûts de traitements pour former la variable de coût. En suivant les étapes de calculs énumérées dans l'analyse, la MRC de Joliette doit détenir une flotte de 5 camions de déchets dont 1 de collectes arrière et 4 de collecte latérale, 2 camions de recyclage de collecte latérale, et 3 camions de collecte latérale pour les résidus organiques. Tous opèrent 5 jours par semaine pour 26 collectes annuelles de déchets, 26 collectes annuelles de recyclage, et 43 collectes annuelles de résidus organiques. Les coûts annuels estimés de l'enfouissement, de la collecte sélective, et du compostage sont de 74 553,30 \$,

14 208,25 \$, et 43 708,84 \$ pour les opérations de transport, de 875 813,11 \$, 852 022,17 \$, et 1 409 113,59 \$ pour les opérations de collecte, et de 1 210 298,02 \$, 285 177,50 \$, et 1 061 850,12 \$ pour le traitement. L'ajout de 405 329,15 \$ associé aux redevances à l'élimination au taux de 23,51 par tonne présente un coût moyen annuel total de 6 232 074,05 \$. L'intégration des valeurs de poids moyen et de coût annuel moyen donne un résultat de performance de référence de 220,46.

$$Référence = \left(\left(\left(\left(\frac{70\,376}{34\,142,92} \right) + \left(\frac{34\,142,92}{6\,232\,074,05} \right) \right) * \left(\frac{4010 * 1000}{6\,232\,074,05} \right) \right) * \left(\frac{70\,376}{424,5} \right) \right) = 220,46$$

La MRC de Joliette a alors une meilleure performance que la moyenne dans les mêmes circonstances. À l'étude des variables de la dimension environnementale et économique, les caractéristiques avantageuses et les caractéristiques à améliorer peuvent être ciblées afin de concentrer les efforts de la GMR sur ces dernières.

Tableau 6.1 Analyse de la GMR de la MRC de Joliette

MRC de Joliette		
	Situation actuelle	Situation moyenne
Ratio : Poids (p)/Habitants (h)	500,22 kg/habitant	485,15 kg/habitant
Élimination	256,96	244,98
Recyclage	101,33	91,97
Valorisation	141,94	148,2
Ratio : Coûts (c)/Poids (p)	159,12 \$/tonne	182,53 \$/tonne
Élimination	119,92	125,32
Recyclage	232,21	177,89
Valorisation	135,34	241,11
Coûts de collecte et de transport (c_c)	92,14 \$/tonne	109,42 \$/tonne
Élimination	81,67	55,12
Recyclage	118,16	133,83
Valorisation	76,58	139,30
Coûts de traitement (c_t)	70,36 \$/tonne	72,02 \$/tonne
Élimination	38,25	70,20
Recyclage	114,05	44,06
Valorisation	58,76	101,81

La comparaison détaillée dans le tableau ci-dessus permet d’observer que la MRC de Joliette produit plus de matières résiduelles que la moyenne, mais la différence est seulement d’environ 15 kilogrammes. Alors, la MRC devra concentrer ses efforts pour augmenter la quantité des matières recyclées. En ce qui concerne la dimension économique, la GMR est réalisée à un tarif avantageux pour la MRC de Joliette. À cet égard, des améliorations au tarif de traitement du recyclage et au tarif de collecte et de transport des déchets sont à considérer pour une GMR optimale.

6.2 Ville de Gatineau

La seconde application de l’équation de la performance a été effectuée sur la Ville de Gatineau. Les informations récoltées sur la ville examinent l’état de la situation en 2013. Avec une population de 273 915 habitants sur une superficie de 353,4 kilomètres carrés, le secteur résidentiel de la ville a généré 110 087 tonnes de matières résiduelles (Ville de Gatineau, 2016). Les camions de collectes parcourent 2 908 kilomètres de rues par collecte pour desservir les citoyens de la ville (Hénault-Éthier, Louise, 2012). La GMR en 2013 a coûté 21 146 069 \$ ce qui donne une performance de 265,77.

$$Performance = \left(\left(\left(\frac{273\,915}{110\,087} \right) + \left(\frac{110\,087}{21\,146\,069} \right) \right) * \left(\frac{2\,908 * 1000}{21\,146\,069} \right) * \left(\frac{273\,915}{353,4} \right) \right) = 265,78$$

Toutes les matières recyclables collectées au niveau résidentiel sont acheminées au centre de tri Tricentris, situé à 12,6 kilomètres du centre de la ville Gatineau (Ville de Gatineau, 2016) (Google, s. d.). Les matières organiques sont transbordées au centre de transbordement de la ville avant d’être envoyées à l’usine de compostage de Laflèche à Moose Creek en Ontario. Les distances sont de 7,9 kilomètres au centre de transbordement du centre de la ville sont de 7,9 kilomètres du centre de la ville au centre de transbordement et de 71,5 kilomètres du transbordement à l’usine (Ville de Gatineau, 2016) (Google, s. d.). Les résidus ultimes suivent un parcours similaire. Ces derniers sont transbordés au centre de récupération et de transbordement de la Ville de Gatineau puis acheminés au LET à Lachute à 136 kilomètres du centre de transbordement (Ville de Gatineau, 2016) (Google, s. d.).

La distribution des poids moyens peut être calculée à 67 103,70 tonnes d’ordures ménagères, 23 191,96 tonnes de recyclables, et 40 594,20 tonnes de déchets organiques pour un total de 132 889,86 tonnes de matières résiduelles. L’équation de calcul des coûts de transport la gestion de la Ville de Gatineau intègre la portion du transbordement pour les ordures ménagères et les matières organiques. Alors, le coût moyen

total de la Ville de Gatineau est de 15 009 773,39 \$ donnant un résultat de performance de référence de 310,85.

$$Référence = \left(\left(\left(\left(\frac{273\,915}{132\,889,86} \right) + \left(\frac{132\,889,86}{15\,009\,773,39} \right) \right) * \left(\frac{2\,908 * 1000}{15\,009\,773,39} \right) \right) * \left(\frac{273\,915}{353,4} \right) \right) = 310,85$$

La performance de la ville de Gatineau est donc moins bonne que la moyenne dans les mêmes circonstances.

Tableau 6.2 Analyse de la GMR de la Ville de Gatineau

Ville de Gatineau		
	Situation actuelle	Situation moyenne
Ratio : Poids (p)/Habitants (h)	401,90 kg/habitant	485,15 kg/habitant
Élimination	221,13	244,98
Recyclage	102,20	91,97
Valorisation	78,57	148,2
Ratio : Coûts (c)/Poids (p)	192,08 \$/tonne	112,94 \$/tonne
Élimination	213,80	92,16
Recyclage	260,79	71,10
Valorisation	120,74	138,41
Coûts de collecte et de transport (c_c)	93,77 \$/tonne	28,53 \$/tonne
Élimination	115,20	21,96
Recyclage	107,15	27,04
Valorisation	58,97	36,60
Coûts de traitement (c_t)	72,01 \$/tonne	72,02 \$/tonne
Élimination	98,6	70,2
Recyclage	18,84	44,06
Valorisation	98,6	101,81

L'observation des caractéristiques détaillées au tableau 6.2 permet de constater que la quantité de déchets envoyée à l'enfouissement est moins élevée que la moyenne malgré la quantité de matières organiques valorisée n'est pas assez élevée. De plus, les coûts de gestions de l'élimination et du recyclage sont plus de deux fois les prix moyens. Ceci est le résultat des tarifs de collecte et de transport élevés pour

chacune des trois voies de collectes. Il est à noter que les informations récoltées datent de 2013 et que la GMR a pu grandement améliorer depuis.

6.3 MRC de Roussillon

La MRC de Roussillon a une population de 184 980 habitants, un territoire de 441,5 kilomètres carrés, et une production totale de 30 314,35 tonnes de déchets domestiques suite à l'implantation de la 3^e voie (MRC de Roussillon, s. d.) (MRC de Roussillon, 2018a). La MRC a collecté 15 037 tonnes de matières recyclables en 2018 et estimait valoriser 18 973 tonnes de matières organiques en 2019 (MRC de Roussillon, 2019) (MRC de Roussillon, 2018b). Au total, les camions de collectes ont récolté 64 324,35 tonnes de matières résiduelles en parcourant 1 093,5 kilomètres de rues municipales au coût annuel de 19 424 024 \$ (N. Chaput, échange par courriel, 12 mai 2021).

$$Performance = \left(\left(\left(\frac{184\,980}{64\,324,35} \right) + \left(\frac{64\,324,35}{19\,424\,024} \right) * \left(\frac{1\,093,5 * 1000}{19\,424\,024} \right) \right) * \left(\frac{184\,980}{441,5} \right) \right) = 67,91$$

Similairement à la Ville de Gatineau, les déchets et les matières organiques de la MRC de Roussillon sont transbordés avant leurs traitements (N. Chaput, conversation téléphonique, 13 mai 2021). Les déchets sont transbordés à Saint-Hubert ou à Beloeil selon la situation avant d'être enfouis au LET à Terrebonne (N. Chaput, conversation téléphonique, 13 mai 2021) (CMM, 2017). Les distances pour le transbordement sont de 27,2 kilomètres et 53,2 kilomètres pour former une moyenne de 40,2 kilomètres du centre de la MRC (Google, s. d.). La distance moyenne entre les centres de transbordement et le LET est de 50,4 kilomètres, soit 52,7 kilomètres du site de Saint-Hubert et de 48,4 kilomètres du site de Beloeil (Google, s. d.). Les matières organiques sont transbordées seulement au site de Beloeil et acheminées au site de compostage à Lachute à 106 kilomètres du site de Beloeil (N. Chaput, conversation téléphonique, 13 mai 2021) (CMM, 2017). Les matières recyclables sont directement accueillies par le centre de tri à 8,6 kilomètres du centre de la MRC (N. Chaput, conversation téléphonique, 13 mai 2021) (Google, s. d.).

Le calcul des coûts moyens utilise la distribution des poids moyens de 45 316,40 tonnes de déchets éliminés, de 17 012,61 tonnes de matières recyclables, et 27 414,04 tonnes de matières organiques. La gestion des recyclables de la MRC de Roussillon n'a pas d'opérations transbordement et elle n'a pas à parcourir de grandes distances pour atteindre le centre de tri. Ainsi, la gestion des 89 743,05 tonnes à un coût moyen de 10 089 252,46 \$.

$$Référence = \left(\left(\left(\left(\frac{184\,980}{89743,05} \right) + \left(\frac{89743,05}{10089252,46} \right) \right) * \left(\frac{1\,093,5 * 1000}{10089252,46} \right) \right) * \left(\frac{184\,980}{441,5} \right) \right) = 94,00$$

Démontrée au tableau 6.3, la dimension environnementale de la MRC de Roussillon est excellente avec une quantité de matière générée bien en dessous de la moyenne. Toutefois, la dimension économique amoindrit les gains par des tarifs de collecte et de transport exorbitants pour les trois voies et le tarif de recyclage plus de deux fois plus élevé que la moyenne.

Tableau 6.3 Analyse de la GMR de la MRC de Roussillon

MRC de Roussillon		
	Situation actuelle	Situation moyenne
Ratio : Poids (p)/Habitants (h)	347,74 kg/habitant	485,15 kg/habitant
Élimination	163,88	244,98
Recyclage	81,29	91,97
Valorisation	102,57	148,2
Ratio : Coûts (c)/Poids (p)	301,97 \$/tonne	112,42 \$/tonne
Élimination	125,99	93,78
Recyclage	487,28	59,43
Valorisation	163,58	137,26
Coûts de collecte et de transport (c_c)	231,02 \$/tonne	24,80 \$/tonne
Élimination	206,24	23,58
Recyclage	387,88	15,37
Valorisation	98,95	35,45
Coûts de traitement (c_t)	79,45 \$/tonne	72,02 \$/tonne
Élimination	54,55	70,20
Recyclage	99,40	44,06
Valorisation	84,39	101,81

6.4 Ville de Sherbrooke

En 2013, la Ville de Sherbrooke avait une population de 159 448 habitants sur un territoire de 366,16 kilomètres carrés et a généré un total de 59 438 tonnes de matières résiduelles aux trois voies de collectes (Ville de Sherbrooke, 2016). Les camions ont parcouru 2 600 kilomètres de rues pour couvrir la totalité du territoire de la ville (Hénault-Éthier, Louise, 2012). Les collectes de déchets et de matières organiques

effectuées à des intervalles variantes de l'année passent par le centre de transfert avant d'être acheminées au LET de Valoris et au centre de compostage de EnGlobe Corp. localisés à Bury (Ville de Sherbrooke, 2016). Le LET et le site de compostage sont à 38,6 kilomètres, et 41,6 kilomètres du centre de transfert respectivement, et le centre de transfert est à 5,6 kilomètres du milieu de la ville (Ville de Sherbrooke, 2016) (Google, s. d.). Du côté des matières recyclables, le traitement est effectué au centre de tri de la Régie de récupération de l'Estrie situé près du centre de transfert à 5,7 kilomètres du milieu de la ville (Ville de Sherbrooke, 2016) (Google, s. d.).

Les déchets sont collectés une fois aux trois semaines du mois d'avril au mois de décembre et une fois par mois de janvier à mars. Les matières organiques sont collectées une fois par mois du mois de décembre à mars et une fois par semaine du mois d'avril à novembre. Les matières recyclables sont collectées à une fréquence régulière d'une fois aux deux semaines. (Ville de Sherbrooke, 2016) Le total annuel pour chaque voie est de 15 collectes de déchets, 38 collectes de matières organiques, et 28 collectes de matières recyclables (Ville de Sherbrooke, s. d.).

Avec les coûts de collectes, les coûts de traitement, et le tonnage de chaque type de matière présenté dans le PGMR de la ville, il est possible de calculer le tarif par tonne des opérations en 2013 (Ville de Sherbrooke, 2016). Le coût des collectes est de 835 915 \$ pour les déchets, 2 098 717 \$ pour les recyclables, et 730 263 \$ pour les matières organiques. Le coût de traitement est de 2 642 586 \$, de 542 773 \$, et de 1 096 634 \$ pour les mêmes voies. Les tarifs de traitement par tonne calculés sont de 70,62 \$/T pour les déchets excluant la redevance de 21,10 \$/T, de 33,61 \$/T pour de recyclage, et de 75,74 \$/T pour le compostage. Les tarifs de la collecte sont de 28,98 \$/T, de 129,97 \$/T et de 50,44 \$/T dans le même ordre. En somme, la GMR résidentielle municipale de 59 438 tonnes a été effectuée au coût de 8 554 800 \$ incluant les redevances à l'élimination. (Ville de Sherbrooke, s. d.)

$$Performance = \left(\left(\left(\left(\frac{159448}{59438} \right) + \left(\frac{59438}{8554800} \right) \right) * \left(\frac{2600 * 1000}{8554800} \right) \right) * \left(\frac{159448}{366,16} \right) \right) = 355,95$$

Les poids moyens sont déterminés à 39 061,57 tonnes de déchets, 14 664,43 tonnes de recyclages, et 23 630,20 tonnes de résidus organiques, pour un total de 77 356,20 tonnes de matières résiduelles. Les coûts estimés sont de 3 151 668,39 \$ pour l'élimination, de 662 795,72 \$ pour le recyclage, de 2 653 690,26 pour la valorisation, et de 824 199,15 \$ pour la redevance. Au finale, la performance de référence est calculée 255,24.

$$Référence = \left(\left(\left(\left(\frac{159448}{77356,20} \right) + \left(\frac{77\,356,20}{9326161,66} \right) \right) * \left(\frac{2600 * 1000}{9326161,66} \right) \right) * \left(\frac{159448}{366,16} \right) \right) = 251,24$$

La Ville de Sherbrooke a un résultat de performance supérieur à la référence. Ceci indique que la GMR est même meilleure de la performance optimale désirée.

Tableau 6.4 Analyse de la GMR de la Ville de Sherbrooke

Ville de Sherbrooke		
	Situation actuelle	Situation moyenne
Ratio : Poids (p)/Habitants (h)	372,77 kg/habitant	485,15 kg/habitant
Élimination	180,69	244,98
Recyclage	101,27	91,97
Valorisation	90,81	148,2
Ratio : Coûts (c)/Poids (p)	143,93 \$/tonne	120,56 \$/tonne
Élimination	157,57	95,22
Recyclage	183,34	82,87
Valorisation	126,18	150,96
Coûts de collecte et de transport (c_c)	77,17 \$/tonne	37,66 \$/tonne
Élimination	50,12	25,02
Recyclage	129,97	38,81
Valorisation	51,44	49,15
Coûts de traitement (c_t)	59,66 \$/tonne	72,02 \$/tonne
Élimination	70,62	70,20
Recyclage	33,61	44,06
Valorisation	74,74	101,81

Observée au tableau ci-dessus, l'excellente performance de la Ville de Sherbrooke provient de l'influence positive de sa dimension environnementale. Comparativement à la MRC de Roussillon, la dimension économique de la Ville de Sherbrooke approche la moyenne établie alors la performance est nettement positive. Pour optimiser davantage sa performance, la Ville de Sherbrooke devra consacrer ses efforts à la réduction des coûts de collecte et de transport du recyclage et des déchets.

6.5 Performance comparative pour les municipalités étudiées

L'équation de performance permet aussi la comparaison entre les différentes municipalités grâce à la performance de référence. En raison des variances géographiques et des variances des opérations de collecte et de transport, la différence des résultats les municipalités n'est pas applicable à une comparaison directe entre deux ou plusieurs municipalités. Afin d'obtenir une mesure de différence adéquate, les résultats de performances sont d'abord ramenés à une mesure commune applicable à toutes les municipalités étudiées. Pour ce faire, les résultats de références de références sont utilisés, car ils incorporent toutes les variations possibles des circonstances d'une municipalité. Le résultat de performance est alors divisé par le double du résultat de référence et multiplié par 100. Ainsi, les performances qui surpassent le résultat de référence ont une note supérieure à 50, les performances inférieures au résultat de référence ont une note inférieure à 50, et toute performance égale à sa référence donne à une note de 50 juste.

$$Note\ municipale = \left(\frac{Performance}{(2 * Performance\ de\ référence)} \right) * 100$$

En appliquant ce principe aux municipalités étudiées le tableau comparatif des notes municipales suivant est formé :

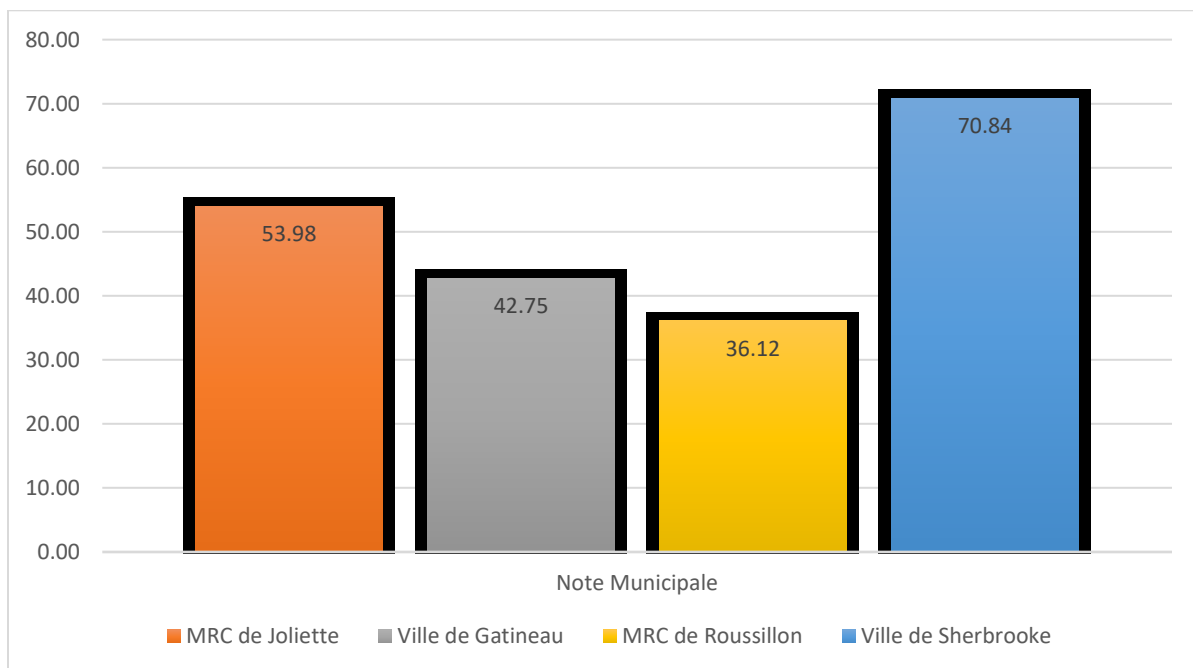


Figure 6.1 Comparaison des notes de la performance municipale

CONCLUSION

L'objectif ultime de créer un référentiel de coûts de la gestion et une échelle de performance comparative de la GMR à partir de l'analyse des données municipales a été réussi. L'exploration de l'évolution de la GMR et des trois voies de collecte permet de contextualiser et de comprendre la gestion actuelle au Québec. La formule d'évaluation de performance a été créée à partir des indicateurs de performance utilisés dans le domaine de la GMR. En déterminant l'influence désirée de chaque indicateur sur le résultat de performance, les indicateurs ont été intégrés à la formule sous forme de variables de sorte que leur influence reflète l'importance attribuée à l'indicateur. En effet, l'organisation des variables dans la formule prend en compte les interactions de chaque variable avec les autres afin de donner une influence supérieure aux variables de la population, du poids, et de coûts annuels. Ainsi, au cœur de la formule sont retrouvées les interactions associées à la dimension environnementale (p/h) et la dimension économique (c/h) exclusivement. La section suivante sur l'estimation de la variable des coûts annuels est centrale à l'évaluation de la performance dans cet essai. L'équation de base a été modifiée pour faciliter la compréhension, être applicable aux circonstances réelles, et trouver un coût annuel plutôt qu'hebdomadaire. Par l'analyse des données d'une multitude de sources, les valeurs moyennes des 6 paramètres de l'équation ont été établies. L'application de l'équation de calcul des coûts annuels et de la formule de performance, dans l'analyse, a permis de comparer la performance au résultat de référence afin d'évaluer la performance des municipalités et de cerner leurs besoins. L'utilisation de la performance de référence pour placer les municipalités sur une même base référentielle permet de comparer les municipalités entre elles. Des améliorations peuvent être apportées à l'outil d'évaluation développé dans cet essai de maîtrise. La plus grande difficulté a été de trouver les données pertinentes pour établir les valeurs moyennes des paramètres de calculs. Une plus grande disponibilité d'informations et des informations plus détaillées offriraient la possibilité d'établir des valeurs moyennes plus adéquates et de cerner plus spécifiquement les besoins d'amélioration des municipalités. Spécifiquement, la ventilation des coûts de débordement et le développement du processus de traitement accompagné d'une équation de calcul des coûts et les paramètres associés aux technologies de traitement seraient d'intérêt. Après une recherche approfondie sur la performance en GMR des municipalités québécoises, l'absence d'une méthodologie de calcul comparative est devenue évidente. Cet essai tente d'apporter une solution compréhensive à cette problématique et propose une réponse, quoique fort complexe, à ce problème.

RÉFÉRENCES

- Acte des municipalités et des chemins de 1855 et certains actes y relatifs comprenant es actes de la représentation parlementaire et les actes seigneuriaux.* 18 Vict, C. 3 et 103.
- AECOM Canada Ltd. (2009a). *City of Timmins Recycling Transfer Facility Evaluation & Recycling System Review*. Waste Diversion Ontario – Continuous Improvement Fund.
https://thecif.ca/pdf/reports/129/129_report.pdf
- AECOM Canada Ltd. (2009b). *City of Timmins Recycling Transfer Facility Evaluation and Recycling System Review – Supplemental Report*. Waste Diversion Ontario – Continuous Improvement Fund.
- Archambault, C. (2012). L'histoire de l'enlèvement des déchets à Montréal. *Archives de Montréal*.
<http://archivesdemontreal.com/2012/03/19/lhistoire-de-lenlevement-des-dechets-a-montreal/>
- Archives de Montréal. (2012). *L'histoire de l'enlèvement des déchets à Montréal*.
<http://archivesdemontreal.com/2012/03/19/lhistoire-de-lenlevement-des-dechets-a-montreal/>
- Barbiera, I., et Dalla-Zuanna, G. (2009). Population dynamics in Italy in the Middle Ages: New insight from archeological findings. *Population and development review*, 35(2).
- Béguin, M. (2013). VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. *L'histoire des ordures : de la préhistoire à la fin du dix-neuvième siècle*, 13(3). <https://id.erudit.org/iderudit/1026864ar>
- Bélanger, J.-P., et Brouillet, N. (1974). *De l'illusion de l'abondance à la réalité de l'endettement*. La fédération des ACEF du Québec.
- Bernier, I. (2020). *Quel était l'essor des villes au Moyen Âge ?* Futura Sciences: <https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/histoire-etait-essor-villes-moyen-age-13380/?fbclid=IwAR1dedqSbr6EOj0WssXkhi-69GL-Kn2ktvaeXcOCmgODq0YiLEvRPhPwJNO>
- Bettencourt, L. M., Lobo, J., Helbing, D., Kühnert, C., et West, G. B. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104(17), 7301-7306. <https://www.pnas.org/content/suppl/2007/04/05/0610172104.DC1>
- Bisson Conteneurs. (s. d.). *Chauffeur classe 3 Camion Roll-Off*. <https://emplois.ca.indeed.com/voir-emploi?cmp=Bisson-Conteneurs&t=Chauffeur+Classe+Camion+Roll+Off&jk=d14f951bf523d410&q=Roll+Off&vjs=3>
- Brown, L. R. (2008). *Plan B 3.0 - Mobilizing to Save Civilization*. New York, New York, Unites States of America: W.W. Norton & Company. doi:978-0-393-06589-3
- Bureau des audiences publiques sur l'environnement. (1997). *Déchets d'hier, Ressources de demain : Le rapport d'enquête et d'audience publique*. Québec: Gouvernement du Québec. doi:2-550-31374-7
- Caron, A., Martel, R. P., & Nadeau, J. (2019). *La municipalité régionale de comté - Compétences et responsabilités*. Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation. doi:978-2-550-83400-7

- Chamard. (2020). *L'élimination des résidus sur le territoire d'application du PMGMR*. Communauté métropolitaine de Montréal.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiW7b6wqa7wAhXMD1kFHVkzCnIQFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fvoute.bape.gouv.qc.ca%2Fdl%2F%3Fid%3D00000244797&usg=AOvVaw3efQeIBCLquVpByxLc4xfx>
- Chamard, J.-L., et Méthot, J. (2016). Réseau Environnement, 50 ans au service de la gestion des matières résiduelles. *Réseau Environnement*. <https://www.reseau-environnement.com/wp-content/uploads/2016/04/Dossier-MR.pdf>
- Conseil d'hygiène de la province du Québec. (1889). *Règlements du Conseil provincial d'hygiène pour la direction des Conseils Locaux ou Bureaux d'Hygiène de la Province de Québec*. Québec: Conseil d'hygiène de la province de Québec.
- Communauté métropolitaine de Montréal. (2017). *Plan métropolitain de gestion des matières résiduelles 2015-2020*. <https://cmm.qc.ca/planification/plan-metropolitain-de-gestion-des-matieres-residuelles-pmgmr/>
- Commission des transports et de l'environnement. (2007). *La gestion des matières résiduelles : Mandat d'initiative - Document de consultation*. Québec: le Secrétariat des commissions de l'Assemblée nationale du Québec. www.assnat.qc.ca
- Commission des transports et de l'environnement. (2008). *La gestion des matières résiduelles au Québec*. Québec: Secrétariat des commissions. doi:978-2-550-53120-3
- Complexe Enviro Connexion. (s. d.). *Lieu d'enfouissement technique de Complexe Enviro Connexions*. <https://www.complexenviroconnexions.com/nos-services/enfouissement/#exploitation-quotidienne>
- Cour du Banc du Roi. (1817). *Règles et règlements de police pour les fauxbourgs et la cité de Montréal*. Montréal.
- Cour du Banc du Roi. (1833). *Règles, règlements, ordres, et ordonnances du conseil de ville de Montréal*. Montréal: Conseil-de-ville.
- Daimler Trucks North America LLC. (s. d.). *Freightliner Trucks*. <https://freightliner.com/trucks/>
- De Silguy, C. (1996). *Histoire des hommes et de leurs ordures : du Moyen âge à nos jours*. Paris: Le cherche midi éditeur.
- Desjardins, C., & Forcier, F. (2007). *Étude comparative des technologies de traitement des résidus organiques et des résidus ultimes applicables à la région métropolitaine de Montréal*. Communauté Métropolitaine de Montréal.
- Dessau-Soprin Inc. (2005). *Le transbordement des matières résiduelles sur l'île de Montréal*. Ville de Montréal.
- Di Maria, F., et Micale, C. (2013). Impact of source segregation intensity of solid waste on fuel consumption and collection costs. *Waste Management*, 33, 2170-2176.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.06.023>

- Drouin, C. (1998). *Communiqués de presse*.
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/communiques/1998/c980915b.htm>
- Duplessis, J. (2006). *Guide sur le compostage domestique : Le compostage facilité*. Québec: Recy-Québec.
- Duquennoy, C. (2015). *Les déchets : Du big bang à nos jours*. Versailles Cedex, France: Quae. doi:978-2-7592-2396-1
- EBA Engineering Consultants Ltd. (2013). *Cochrane transfer station construction & annual operational cost analysis - CIF projet #726*. Waste Diversion Ontario and Stewardship Ontario.
- Éco Entreprise Québec. (2008). *Les bonnes pratiques de collecte sélective*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. <https://www.eeq.ca/wp-content/uploads/Bonnes-pratiques-de-collecte-selective-VFF-1.pdf>
- EnviroCompétences. (2020). *Étude sur les besoins de main-d'oeuvre dans les centres de tri au Québec*. RECYC-QUÉBEC. <https://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/etude-envirocompetences-besoins-main-d-oeuvre.pdf>
- Environnement Canada. (2013). *Document technique sur la gestion des matières organiques municipales*. Ottawa, ON. doi:978-0-662-76524-0
- Forcier, F., et Gravel, M.-H. (2016). *Plan de gestion des matières résiduelles 2016-2020 de la MRC d'Abitibi-Ouest*. MRC d'Abitibi-Ouest. <https://www.mrcao.qc.ca/fr/plan-de-gestion-des-matieres-residuelles>
- Fortin, A., et Hénault-Éthier, L. (s. d.). *Guide technique pour le compostage sur site en ICI*. Recy-Québec.
- Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets . (s. d.b). *L'incinération*.
<http://fcqged.org/fiche-dinformation-lincineration/>
- Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets. (s. d.a). *La collecte sélective et les centres de tri*. fcqged.org/fiche-dinformation-collecte-selective-et-centres-de-tri/
- Galinié, H. (2020). Permanent urban frameworks ('armature') and economic networks in Northern France c.700 – c.1100. Dans *The Archaeology of Medieval Towns: Case Studies from Japan and Europe* (pp. 107-114). Archaeopress. <https://www.jstor.org/stable/j.ctv177tk03.12>
- Genet, J.-P. (2004). *Le monde au Moyen Âge*. Paris, France: Hachette Livre. doi:9782011455796
- GFL Environmental. (s. d.a). *Chauffeur classe 3*.
<https://emplois.ca.indeed.com/emplois?q=camion%20mati%C3%A8re%20r%C3%A9siduelle&l&vjk=b8ad3d9d27b716a0&advn=9413692541756165>
- GFL Environmental. (s. d.b). *Chauffeur Roll-Off*. https://emplois.ca.indeed.com/viewjob?cmp=GFL-Environmental&t=Chauffeur+Roll+Off&jk=7c70fda626fac892&sjdu=vQIlM60yK_PwYat7ToXhkzUnysEkK_7Z_UPXMQuI5kPtbjKZn7R-hjr6frPXzp1v58PBHB8fVkj9j0JdyVqw&tk=1f1nsm670t5pd800&adid=362897166&ad=-6NYlbfkN0Dj8Z-FFh6d0Uoq

- Global Footprint Network et Schneider Electric. (2020). *Strategies for one-planet prosperity*. Global Footprint Network. https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=White+Paper&p_File_Name=Earth+Overshoot+Day+-+Final.pdf&p_Doc_Ref=earth_overshoot_day
- Google. (s. d.). *Google Maps*. <https://www.google.com/maps/dir/45+Rue+Pierre-M%C3%A9nard,+Gatineau,+QC+J8R+3X3/Centre+De+Valorisation+Des,+15+Industriel+Boul,+La+Sarre,+Quebec+J9Z+2X2/@47.3668799,-79.6579669,7z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x4cce10daeddef939:0x4d87862ffabae343!2m2!1d-75.5>
- Gouvernement du Québec. (2000). Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 1998-2008. *Gazette officielle du Québec, Partie I*(39).
- Gouvernement du Québec. (2002). Projet de loi no 102 - Loi modifiant la Loi sur la qualité de l'environnement et la Loi sur la Société québécoise de récupération et de recyclage. *Recueil des lois et des règlements du Québec*. www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=5&file=2002%2F2002C59F.PDF
- Gouvernement du Québec. (2006). Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles. *Gazette Officielle du Québec, Partie 2*(21), pp. 1995-1997.
- Gouvernement du Québec. (2009). Projets de politique : Politique québécoise de gestion des matières. *Gazette officielle du Québec, Partie II*(47), 5637-5646. www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=2009F%2F52722.PDF
- Gouvernement du Québec. (2011). Règlements et autres actes : Décret 100-2011. *Gazette officielle du Québec, Partie 2*(11), 971-981. www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=2011F%2F55138.PDF
- Gouvernement du Québec. (2020a). Décret 646-2020. *Gazette Officielle du Québec, Partie 2*(27). www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=2020F%2F72774.PDF
- Gouvernement du Québec. (2020b). Décret 433-2020 : Redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles - Modification. *Gazette du Québec, Partie 2*(17), pp. 1557-1559.
- Guérard, F. (2013). La prise en charge étatique de l'hygiène publique et des services curatifs : deux parcours distincts. Dans D. Fyson, & Y. Rousseau, *Les chantiers de l'Atlas historique du Québec : L'État au Québec* (p. 18). Centre interuniversitaire d'études québécoises. doi:978-2-921926-36-2
- Hénault-Éthier, Louise. (2012). *Gestion des matières organiques - Cas à succès municipaux*. Recyc-Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Cas-succes-municipaux-mo.pdf>

- Industries Machinex Inc. (s. d.). *Séparateur Mach Ballistic*.
<https://www.machinexrecycling.com/fr/produits/mach-ballistic/>
- Lachance, A. (2010). *Vivre à la ville en Nouvelle-France*. Montréal: Les Éditions Libre Expression. doi:978-2-923662-565
- Lagneau, J. (2018). *Étude multi-échelle des coûts de Gestion de la matière résiduelle organique du Québec*. Université de Montréal.
https://publications.polymtl.ca/3673/1/2018_JeremyLagneau.pdf
- Laquerre, M. (s. d.).
- Leidos Engineering, LLC. (2014). *Solid Waste Assessment & Management Study : Santa Fe Solid Waste Management Agency City of Santa Fe and Santa Fe County*. NewGen Strategies & Solutions.
https://www.santafenm.gov/document_center/document/2171
- Les Contenants Durabac Inc. (s.d). *Contenants de type "roll-off"*.
<https://durabac.net/fr/durabac/categorie/33-contenants-trans-rouliers-roll-off>
- Loi sur la qualité de l'environnement, RLRQ, c. Q-2*.
- Mack Trucks. (s.d). *Mack Trucks*. <https://www.macktrucks.com/trucks/>
- Ministère des affaires municipales et de l'Habitation. (2020). *Le Financement et la fiscalité des organismes municipaux au Québec*. Gouvernement du Québec.
https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/finances_indicateurs_fiscalite/fiscalite/fiscalite_organismes_municipaux.pdf
- Ministère des affaires municipales et de l'Habitation. (2021). *Somation des données des municipalités locales pour l'exercice financier 2019*. Gouvernement du Québec.
https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/finances_indicateurs_fiscalite/information_financiere/rapports_financiers_organismes_municipaux/2019/B1_Munloc_RF2019_Somation.pdf
- Ministère des Affaires Municipales et de l'Occupation du Territoire. (2014). *Indicateurs de gestion municipaux de base - Résultats de l'année 2012*. Gouvernement du Québec.
https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/finances_indicateurs_fiscalite/information_financiere/publications_electroniques/2012/resultats_indicateurs_gestion_2012.pdf
- MaxSys-Québec. (s. d.). *Aide-Éboueur*. https://www.jobillico.com/fr/offre-d-emploi/maxsys---quebec.zDstJl/aide-eboueur/6167137?ji_visitsrc=123&ccuid=30329135580
- Municipal Benchmarking Network Canada. (2018). *MBNCanada Performance Measurement Report*. Municipal Benchmark Network Canada. <http://mbncanada.ca/app/uploads/2019/11/2018-Waste-Management.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2018). *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation*.

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. doi:978-2-550-80753-7
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. (2010). *Hiérarchie des modes de gestion des matières résiduelles et reconnaissance d'opérations de traitement en tant que valorisation énergétique*. Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés Service des matières résiduelles. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/regime-compensation/hierarchie-modesgmr.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. (2011). *Politique québécoise de matières résiduelles - Plan d'action 2011-2015 : Allier économie et environnement*. Québec: Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/presentation.pdf>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2019). *Plan d'action 2011-2015 : Bilan 2020*. Québec: Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2021). L'élimination des résidus ultimes - Rapport sectoriel du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. *Bape 364 - L'état des lieux et la gestion des résidus ultimes*, p. 96. <https://www.bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/etat-lieux-et-gestion-residus-ultimes/documentation/?mots-cles=solid+waste&page=2#filtres-recherche>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.). *Redistribution des redevances régulières selon la performance territoriale*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/redevances/octroi/criteres.htm#trois>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.a). *Régime de compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles*. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/regime-compensation/index.htm>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.b). *Redevances pour l'élimination de matières résiduelles*. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/redevances/index.htm>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.c). *Programme sur la redistribution aux municipalités des redevances pour l'élimination de matières résiduelles*. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/redevances/programme.htm>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.d). *Redistribution des redevances supplémentaires selon la performance territoriale*. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/redevances/octroi/redevances.htm>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.e). *Données d'élimination des matières résiduelles au Québec*.

- <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/donnees-elimination/Tonnages-2019-municipalites.pdf>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2018). *Élimination par catégorie de matières résiduelles au Québec par municipalité - Année 2018*. Gouvernement du Québec. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/donnees-elimination/Tonnages-2018-municipalites.pdf>
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2020). *Analyse d'impact réglementaire du Plan d'action 2019-2024 de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles*. Gouvernement du Québec. doi:978-2-550-86354-0
- Monsaingeon, B. (2017). *Homo Detritus : Critique de la société du déchet*. Paris: Seuil. doi:978-2-02-135261-0
- MRC de D'Autray. (2016). *Plan de gestion des matières résiduelles 2016-2021*. MRC d'Autray. https://www.mrcautray.qc.ca/wp-content/uploads/2017/02/PGMR_MRC-de-DAutray_2016-2021.pdf
- MRC de Joliette. (2016). *Plan de gestion des matières résiduelles*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/mrcdejoliette-pgmr-2016.pdf>
- MRC de La Matapédia. (2016). *Plan de Gestion des Matières Résiduelles 2016-2020*. https://www.ecoregie.ca/images/Upload/Files/plan-gestion-matieres-residuelles/1-pgmr_matapedia_2016-2020_20161017.pdf
- MRC de Rimouski-Neigette. (2017). *Plan de gestion des matières résiduelles 2016-2020*. <https://www.mrcrimouskineigette.qc.ca/environnement/matieres-residuelles/>
- MRC de Roussillon. (2018a). *Appel d'offres public no 2018-02 - Collecte, transport, et traitement, des déchets domestiques et des résidus verts*. SEAO.
- MRC de Roussillon. (2018b). *Appel d'offres public no 2018-03 - Collecte, transport, et traitement des matières organiques*. SEAO.
- MRC de Roussillon. (2019). *Appel d'offres publiques # 2019-09 - Traitement des matières recyclables*. SEAO.
- MRC de Roussillon. (s. d.). *Portrait du territoire et des 11 municipalités*. <https://roussillon.ca/la-mrc/le-portrait/>
- MRC du Granit. (2016). *Plan de gestion des matières résiduelles*. MRC du Granit. <https://www.mrcgranit.qc.ca/fichiersUpload/fichiers/20200507142837-2016-08-17-mrcg-pgmr-2016-2020-site-internet.pdf>
- New Way Refuse Trucks. (s. d.). *New Way Rear Loaders*. New Way Refuse Trucks: <https://refusetrucks.scrantonmfg.com/rear-loader/>

- Nguyen, T. T., et Wilson, B. G. (2010). Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. *Waste Management & Research*, 28, 289-297.
doi:10.1177/0734242X09337656
- Occupational Safety and Health Administration. (s. d.). *Hydrogen Sulfide*.
<https://www.osha.gov/SLTC/hydrogensulfide/hazards.html>
- PayScale. (s. d.). *Average Garbage Truck Driver Hourly Pay in Canada*.
https://www.payscale.com/research/CA/Job=Garbage_Truck_Driver/Hourly_Rate
- RECYC-QUÉBEC. (2006). *Guide sur la collecte et le compostage des matières organiques du secteur municipal*. Québec: Gouvernement du Québec.
- RECYC-QUÉBEC. (2007). *Bilan 2006 de la Gestion des matières résiduelles au Québec*. Québec: Gouvernement du Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2006.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2008). *Les matières organiques en fiches techniques - La digestion anaérobie*. Gouvernement du Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Fiche-technique-digestion-anaerobie.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2009). *Bilan 2008 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2008.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2013). *Bilan 2010 - 2011 de la gestion des matières résiduelles au Québec révisé en Mai 2013*. Gouvernement du Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2010-2011.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2016). *Rapport sur les meilleures pratiques d'appels d'offres pour la collecte et le traitement des résidus verts et alimentaires*. Gouvernement du Québec. https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Rapport%20DAO_ACC_VF%20%281%29.pdf
- RECYC-QUÉBEC. (2017). *Bilan 2015 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. RECYC-QUÉBEC.
doi:978-2-550-77846-2
- RECYC-QUÉBEC. (2018). *Matières Organiques*. Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Fiche-info-matieres-organiques.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2019). *Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec - Section sur les matières organiques*. RECYC-QUÉBEC. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-section-matieres-organiques.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2019). *Plan d'action 2019-2024 : politique québécoise de gestion des matières résiduelles*. Gouvernement du Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/plan-action-2019-2024-pqgmr.pdf>

- RECYC-QUÉBEC. (2020). *Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. Gouvernement du Québec. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-complet.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2020). *Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec - Section sur la collecte sélective*. RECYC-QUÉBEC. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-section-collecte-selective.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2021). *Prix moyen par catégorie de matières en dollars la tonne métrique (\$/tm)*. RECYC-QUÉBEC. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/indice-prix-moyen.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (s. d.a). *Planter ou optimiser la collecte*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/recyclage-residus-verts-alimentaires/planter-optimiser-collecte>
- RECYC-QUÉBEC. (s. d.b). *Visitez un centre de tri*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/visitezuncentredetri>
- RECYC-QUÉBEC. (s. d.c). *Collecte résidentielle des résidus alimentaires et verts (troisième voie) et sites de compostage et de biométhanisation (existant ou projetés)*. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=17KIToulWN09BfSQvvzq75N4rRBJ7h6QP&ll=46.60886006567972%2C-67.59045243657116&z=4>
- Régie intermunicipale des déchets de la Rouge. (s. d.). *Lieu d'enfouissement*. <http://www.ridr.qc.ca/site/le-lieu-denfouissement/>
- Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles*. RLRQ c. Q-2, r 19.
- Règlement sur la compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles*. RLRQ c. Q-2, r 10.
- Ressources naturelles Canada. (s.d). *Moyenne mensuelle du Prix moyens du diesel en 2020*. https://www2.nrcan.gc.ca/eneene/sources/pripri/wholesale_bycity_f.cfm?priceYear=2020&productID=13&locationID=66,98,39,28,18,29,30&frequency=M
- Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles des MRC de La Matapédia et de La Mitis. (2021). *Présentation - Multiplateforme de gestion des matières résiduelles Matapédia-Mitis*. <https://www.ecoregie.ca/multiplateforme>
- Sandhu, G. S., Frey, C. H., Bartelt-Hunt, S., et Jones, E. (2015). In-use activity, fuel use, and emissions of heavy-duty diesel roll-off refuse trucks. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(3), 306-323. <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.990587>
- Sandhu, G. S., Frey, C. H., Bartelt-Hunt, S., et Jones, E. (2016). Real-world activity, fuel use, and emissions of diesel side-loader refuse trucks. *Atmospheric Environment*, 129, 98-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.01.014>

- Sandras, A. (2011). Eugène Poubelle mis en boîte. Dans *Société française d'histoire urbaine* (pp. 69-91). Cain.info. doi:9782914350310
- Sanimax. (s. d.). *Chauffeur de camion*. https://www.glassdoor.ca/job-listing/chauffeur-de-camion-sanimax-JV_IC2299214_KO0,19_KE20,27.htm?jl=4036610685&jas=Y&pao=10884&utm_source=appcast&utm_medium=cpc&utm_campaign=intl-sponsored-employer-indexed-ind-can-jan-acq-all&ad=WGVkZjNjRzI6UFRBbVIXODINVE
- SCS ENGINEERS. (2014). *Autoload Feasibility Analysis and Rate Study*. Idaho Falls: Public Works Department. <https://www.idahofallsidaho.gov/DocumentCenter/View/819/Autoload-Study-Review-PDF?bidId=>
- Système électronique d'appel d'offres du gouvernement du Québec. (2015). *Consulter un avis - Numéro de référence : 854072*. <https://www.seao.ca/OpportunityPublication/ConsulterAvis/Recherche?ItemId=5e5841e3-fe3b-4cf6-b6fe-973c27ad3691&callingPage=2&searchId=8581071a-776e-4d6b-b320-ad1d010116e6&VPos=312>
- Système électronique d'appel d'offres du gouvernement du Québec. (2018). *Consulter un avis - Numéro de référence : 1135174*. <https://www.seao.ca/OpportunityPublication/ConsulterAvis/Recherche?ItemId=d6bedf82-f841-44f2-a7b2-9635c35aaf12&callingPage=2&searchId=3099a866-91a5-4acf-9685-ad20015f13d3&VPos=208>
- Système électronique d'appel d'offres du gouvernement du Québec. (2019). *Consulter un avis - Numéro de référence : 1323160*. <https://www.seao.ca/OpportunityPublication/ConsulterAvis/Recherche?ItemId=77647e5f-54a3-4c51-b019-bd09a2819549&callingPage=2&searchId=ef2c2ce9-13c1-4a19-bf2d-ad1d0102cc49&VPos=416>
- Statistique Canada. (2020). *Tableau 38-10-0035-01 Caractéristiques du secteur des entreprises de l'industrie de la gestion des déchets*. Gouvernement du Canada. doi: <https://doi.org/10.25318/3810003501-fra>
- Taillefer, S. (2019). *La gestion des matières organiques: pour tout savoir!* Longueuil: Université de Sherbrooke.
- Talent. (s. d.). *Salaire moyen d'un(e) Eboueur en 2021 - Canada*. <https://ca.talent.com/fr/salary?job=eboueur>
- Tanguay, A., Glaus, M., Laforest, V., Villot, J., et Hausler, R. (2016). A spatial analysis of hierarchical waste transport structures under growing demand. *Waste Management & Research*, 34(10), 1064-1073. doi:10.1177/0734242X16658544
- Tetra Tech Canada Inc. (2018). *Waste & Recycling Services Collection Services Review Attachment 3 – Industry Scan and Strategic Analysis*. Calgary, AB. <https://pub-calgary.escribemeetings.com/filestream.ashx?DocumentId=79861>

- The Heil Co. (s. d.). *Rear Load Garbage Trucks*. <https://www.heil.com/products/rear-loaders>
- Tricentris. (2015). *Tricentris, votre centre de tri*. <https://www.youtube.com/watch?v=PJLnbdXLFY>
- Valoris. (s. d.). *Tarifs pour les municipalités autres*. <http://www.valoris-estrie.com/municipalitemrc/>
- Véhicules Inpak INC. (s. d.). *Détritube*. <https://www.durabac.ca/inpak/>
- Ville de Gatineau. (2012). La Ville de Gatineau reconduit son entente avec Tricentris pour le traitement des matières recyclables. *Ville de Gatineau*. Ville de Gatineau: https://www.gatineau.ca/portail/default.aspx?p=nouvelles_annonces/communiques/communiqu&id=-1397312581
- Ville de Gatineau. (2016). *Projet de plan de gestion des matières résiduelles 2016-2020*. Ville de Gatineau. http://www.gatineau.ca/docs/guichet_municipal/participation_citoyenne/consultations_publicques/consultations_publicques_2015/plan_gestion_matiere_residuelles/projet_pgmr_2016_2020.f r-CA.pdf
- Ville de La Sarre. (s. d.). *Matières Résiduelle*. <http://www.ville.lasarre.qc.ca/fr/page/index.cfm?PageID=52>
- Ville de Montréal. (2020). *Vue sur les indicateurs de performance - Environnement et gestion des matières résiduelles*. Montréal: <http://ville.montreal.qc.ca/vuesurlesindicateurs/index.php?categorie=16>
- Ville de Sherbrooke. (2016). *Plan de gestion des matières résiduelles 2016-2020 de la Ville de Sherbrooke*. Ville de Sherbrooke. https://contenu.maruche.ca/Fichiers/3337a882-4a53-e611-80ea-00155d09650f/Sites/333dd3d3-915d-e611-80ea-00155d09650f/Documents/Plans%20et%20schemas/PGMR_2016-2020_SEPT-2016_compVF_ENVIGUEUR_ss_annexes.pdf
- Ville de Sherbrooke. (s. d.). *Calendrier des collectes*. <https://www.sherbrooke.ca/fr/services-a-la-population/collecte-des-matiere-residuelles/calendrier-des-collectes>
- Wastequip. (s.d). *Roll Off Dumpsters*. <https://www.wastequip.com/products/dumpsters-waste-containers/rectangular-open-top-roll-dumpsters>
- Wilson, B. G., Agar, B. J., Baetz, B. W., et Winning, A. (2007). Practical applications for global positioning system data from solid waste collection vehicles. *Canadian Journal of Civil Engineering*(34), pp. 678-681. <https://web-a-ebshost-com.ezproxy.usherbrooke.ca/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=18d1a7e2-baa1-4bdb-848e-b6bec9c0a537%40sessionmgr4006>
- WSP. (2017). *Évaluer la valeur ajoutée et le coût de trier séparément les conteneurs multicouches en centre de tri*. RECYC-QUÉBEC. <https://www.recyquebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/projet-pilote-valeur-ajoutee-cout-tri-contenants-multicouches.pdf>

ANNEXE 1 – ÉQUIPEMENTS DE COLLECTE ET DE TRANSPORT DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

Sommaire des caractéristiques des équipements de collecte et de transport (compilation d'après : Wastequip, s. d., The Heil Co., s. d., New Way Refuse Trucks, s. d., Les Contenants Durabac Inc., s.d, Daimler Trucks North America LLC., s. d., Mack Trucks, s. d.)

Équipements	Poids (lbs)	Compaction	Autre
Benne chargement arrière			
PowerTrak Commercial – 27 y ³	18000	1200 lbs/ y ³	PNBV min du chassis : 60000
PowerTrak Commercial – 25 y ³	17600	1 200 lbs/ y ³	PNBV min du chassis : 56000
Durapak 5000 – 27 y ³	15900	1000 lbs/y ³	PNBV min du chassis : 57000
Durapak 5000 – 25 y ³	15500	1000 lbs/y ³	PNBV min du chassis : 54000
Cobra HC – 27 y ³	15500	1000 lbs/y ³	-
Cobra HC – 25 y ³	15000	1000 lbs/y ³	-
Benne chargement latéral			
Command SST- 28 y ³	15750	900 lbs/y ³	-
Command SST- 23 y ³	15100	900 lbs/y ³	-
DuraPack Rapid Rail – 26 y ³	18150	900 lbs/y ³	PNBV min du chassis : 56000
DuraPack Rapid Rail – 24 y ³	18050	900 lbs/y ³	PNBV min du chassis : 52000
Sidewinder XTR - 24 y ³	12000	800 lbs/y ³	PNBV min du chassis : 46000
ROTO Pac - 25 y ³	13000	1000 lbs/y ³	PNBV min du chassis : 56000
Conteneur			
Brol-2487 – 45 y ³	7150	Longeur/profondeur (pouces) : 303/84	
Bro-3687 – 69 y ³	12570	Longeur/profondeur (pouces) : 447/84	
Rectangular container - 40 y ³	5493	Longeur/profondeur (pouces) : 276/ 84	

Sommaire des caractéristiques des équipements de collecte et de transport (suite)

Chassis camions de collecte		
Mack LE 613	17464	Payload : 48536/PNBV : 66000 lbs
Freightliner M2 106	11988	Payload : 29012/PNBV : 66000 lbs
Mack TerraPro MRU603 6X4	16625	Payload : 33375/PNBV : 50000 lbs
Volvo FH13 6x4 B/T Ride – N3	18012	Payload : 37434/PNBV : 57320 lbs
Mack Granite 42FR	18399	Payload : 27602/PNBV : 60625 lbs
Roll-off chassis		
Volvo FM11 Rigid 84 RF 1L	19764	Payload : 50780/PNBV : 70550 lbs
Freightliner 114SD	19127	Payload : 46873/PNBV : 66000 lbs
Volvo FMX13 84 RF 3A	20535	Payload : 50010/PNBV : 70550 lbs